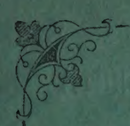
3e série, t. IVe. — 1876. — No 3.



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

(Cette Société, fondée le 17 mars 1830, a été autorisée et reconnue comme établissement d'utilité publique, par ordonnance du roi du 3 avril 1832.)

TROISIÈME SÉRIE

TOME QUATRIÈME

Feuilles 11-16 (10, 17, 31 janvier 1876), C et D.
Planches III [redacted]

PARIS
AU SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ
Rue des Grands-Augustins, 7
et chez F. Savy, libraire, boulevard St-Germain, 77
1875 a 1876

Le Bulletin paraît par livraisons mensuelles.
JUILLET 1876



EXTRAIT DU RÈGLEMENT CONSTITUTIF DE LA SOCIÉTÉ

APPROUVÉ PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1832.

ART. III. Le nombre des membres de la Société est illimité (1). Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. IV. L'administration de la Société est confiée à un Bureau et à un Conseil, dont le Bureau fait essentiellement partie.

ART. V. Le Bureau est composé d'un président, de quatre vice-présidents, de deux secrétaires, de deux vice-secrétaires, d'un trésorier, d'un archiviste.

ART. VI. Le président et les vice-présidents sont élus pour une année ; les secrétaires et les vice-secrétaires, pour deux années ; le trésorier, pour trois années ; l'archiviste, pour quatre années.

ART. VII. Aucun fonctionnaire n'est immédiatement rééligible dans les mêmes fonctions.

ART. VIII. Le Conseil est formé de douze membres, dont quatre sont remplacés chaque année.

ART. IX. Les membres du Conseil et ceux du Bureau, sauf le président, sont élus à la majorité absolue. Leurs fonctions sont gratuites.

ART. X. Le président est choisi, à la pluralité, parmi les quatre vice-présidents de l'année précédente. Tous les membres sont appelés à participer à son élection, directement ou par correspondance.

ART. XI. La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet (2).

ART. XII. Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un des points de la France qui aura été préalablement déterminé. Un Bureau sera spécialement organisé par les membres présents à ces réunions.

ART. XIV. Un *Bulletin* périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. XVII. Chaque membre paye : 1° un droit d'entrée, 2° une cotisation annuelle. Le droit d'entrée est fixé à la somme de 20 francs. Ce droit pourra être augmenté par la suite, mais seulement pour les membres à élire. La cotisation annuelle est invariablement fixée à 30 francs. La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par le versement d'une somme fixée par la Société en assemblée générale. (*Décret du 12 décembre* 1873.) (3)

(1) Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation, avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président, et avoir reçu le diplôme de membre de la Société. (*Art. 4 du règlement administratif.*)

(2) Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres. (*Art. 42 du règlement administratif.*)

(3) Cette somme a été fixée à 400 francs. (*Séance du 20 novembre* 1871.)

TABLEAU INDICATIF DES JOURS DE SÉANCE

ANNÉE 1875-1876.

Les séances se tiennent à 8 heures du soir, rue des Grands-Augustins, 7

Les 1er et 3e lundis de chaque mois.

Novembre	Décembre	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
8	6	10	7	6	3	1	19
		17			17	15	
15	20	31	21	20	20*	29	

* *Séance générale annuelle.*

La bibliothèque de la Société est ouverte aux Membres les lundis, mercredis et vendredis, de 11 à 5 heures

M. Labat (A.), Docteur en médecine, rue du Mont-Thabor, 13, à Paris, présenté par MM. Daubrée et Sauvage.

Le Président annonce ensuite quatre présentations.

L'ordre du jour appelle le renouvellement du Bureau et du Conseil.

M. Edm. Pellat ayant obtenu 85 suffrages sur 138 votants est élu Président pour l'année 1876.

La Société nomme ensuite successivement :

Vice-Présidents, MM. Tournouër, Alph. Favre, Benoit, Parran.

Secrétaire pour l'Étranger, M. Vélain.

Vice-Secrétaire, M. G. Dollfus.

Membres du Conseil, MM. Jannettaz, Mallard, de Chancourtois, de Lapparent, Delaire.

Par suite de ces nominations, le Bureau et le Conseil sont composés, pour l'année 1876, de la manière suivante :

Président, M. Edm. Pellat.

Vice-Présidents.

M. Tournouër.
M. Alph. Favre.
M. Benoit.
M. Parran.

Secrétaires.

M. H.-E. Sauvage, pour la France.
M. Vélain, pour l'Étranger.

Vice-Secrétaires.

M. P. Brocchi.
M. G. Dollfus.

Trésorier.

M. Danglure.

Archiviste.

M. Bioche.

Membres du Conseil.

M. Terquem.
M. de Roys.
M. L. Gruner.
M. Berson.
M. Chaper.
M. Cotteau.
M. Tombeck.
M. Jannettaz.
M. Mallard.
M. de Chancourtois.
M. de Lapparent.
M. Delaire.

Dans sa séance du 20 décembre 1875, le Conseil a composé les Commissions pour l'année 1876 de la manière suivante :

1° *Commission du Bulletin :* MM. Alb. Gaudry, Chaper, Tournouër, de Lapparent, Delaire.

2° *Commission des Mémoires :* MM. Ed. Jannettaz, Cotteau, L. Gruner.

3° *Commission de Comptabilité :* MM. le marquis de Roys, Alb. Moreau, Bioche.

4° *Commission des Archives :* MM. Tournouër, P. Gervais, Pellat.

Séance du 17 *janvier* 1876.

PRÉSIDENCE DE M. JANNETTAZ, *puis de* M. PELLAT.

M. Sauvage, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM. Baret, Pharmacien, place Delorme, 2, à Nantes (Loire-Inférieure), présenté par MM. Lebesconte et de Tromelin ;

Billon, Architecte, rue de la Sorbonne, 2, à Paris, présenté par MM. Hébert et Munier-Chalmas ;

Dames, Conservateur du Musée paléontologique de l'Université, à Berlin (Allemagne), présenté par MM. Hébert et Zittel ;

Vié (Léonce), Propriétaire, à Sigean (Aude), présenté par MM. Hébert et Munier-Chalmas.

Le Président annonce ensuite une présentation.

M. Jannettaz, président sortant, invite M. Pellat, élu président pour 1876, à le remplacer au bureau.

M. Pellat remercie la Société de l'honneur qu'elle lui a fait en l'appelant à la présidence.

M. **Vélain** fait une communication sur la **Géologie** de l'**île Bourbon.**

M. Bioche donne lecture de la note suivante :

Note sur le **Corallien** *et l'***Argovien** *de la* **Haute-Marne,** par M. **Tombeck.**

Je demande pardon à la Société de venir encore l'entretenir du Corallien et de l'Argovien de la Haute-Marne. Ce qui doit me servir d'excuse, c'est l'importance des nouvelles observations faites par M. Royer et par moi, dans ces derniers temps, et que je viens exposer ici.

I. Corallien.

Il résulte de nos recherches antérieures que, dans la Haute-Marne, la base du Corallien est constituée, tantôt, comme à Reynel, Roche-

sur-Rognon, etc., par des calcaires grumeleux à *Cidaris florigemma* et *Hemicidaris crenularis*, — tantôt, comme à Buxières-sur-Marne et Bettaincourt, par un calcaire crayeux ou oolithique, à la base duquel abonde le *Cidaris florigemma*, tandis que ses niveaux supérieurs se chargent de Nérinées et de Dicérates, et qui représente notre oolithe à *Cardium corallinum* ; — tantôt enfin, par la marne dite *sans fossiles*, au sein de laquelle, à la tranchée de Buxières, aux Lavières, à Soncourt, etc., les calcaires grumeleux viennent expirer en biseau, et qui les remplace à l'ouest de la vallée de la Marne.

Il convient d'ajouter ici, qu'en plaçant cette *Marne sans fossiles* sur le même niveau que les Calcaires grumeleux et que la partie inférieure de l'Oolithe à Dicérates, nous avions cédé à des considérations stratigraphiques, bien plutôt qu'à des raisons paléontologiques. Car si, d'une part, la Marne sans fossiles occupe stratigraphiquement le même horizon que les terrains à faciès corallien auxquels nous l'assimilions, d'autre part les quelques rares fossiles que nous y trouvions, sauf peut-être l'*Ostrea multiformis*, se rencontrent également dans l'Oxfordien, et il n'y a pas lieu de s'étonner qu'en l'absence des raisons qui nous ont guidés, cette même marne, dans l'Aube et dans l'Yonne, ait été parfois rattachée, non au Corallien, mais à l'Oxfordien.

Aujourd'hui, après nos nouvelles recherches à Mussy et à Briaucourt, le doute n'est plus permis.

A Mussy (Aube), le Corallien présente absolument la même série de couches qu'à Maranville (Haute-Marne). Au-dessus de l'Argovien supérieur le plus typique, où, dans la tranchée même du chemin de fer, nous avons recueilli des fossiles nombreux et caractéristiques, on trouve, en montant la côte qui fait face au village, d'abord la Marne sans fossiles dont j'ai parlé plus haut; puis, au-dessus, le Corallien compacte inférieur à *Ammonites Marantianus, A. Achilles, Waldheimia humeralis*, etc.; enfin l'Oolithe de Saucourt et le Corallien compacte supérieur qui la surmonte. C'est, je le répète, absolument la même série qu'à Maranville.

Mais, tandis que la *Marne sans fossiles*, à Maranville comme dans la vallée de la Marne, mérite son nom à peu près à la lettre, à Mussy, au contraire, nous y avons recueilli de nombreux fossiles, entre autres la *Waldheimia humeralis* et la *Terebratula subsella*. Ces fossiles rattachent évidemment cette marne, non pas à l'Argovien qui lui est subordonné, mais bien au Corallien qui la recouvre.

Nos observations sur les environs de Briaucourt amènent à la même conclusion.

A Briaucourt, à Rochefort, à Reynel, et jusqu'à Andelot, Saint-Blin et Vesaignes, le Corallien est formé de calcaires grumeleux où abon-

dont les *Cidaris florigemma, Stomechinus lineatus, Hemicidaris crenularis, Terebratella Richardiana, Waldheimia Delemontana, Megerlea pectunculoïdes*, etc.; or, à Briaucourt cette masse repose sur un lit, de 4 à 5 mètres d'épaisseur, d'une marne grise où pullulent, avec quelques Oursins, ces Polypiers plats connus sous le nom de *Microsolena,* et aussi des *Oroseris,* des *Thamnastræa,* des *Confusastræa,* des *Cyatophora,* des *Montlivaultia*, etc.

Cette marne, à cause de sa position à la base des Calcaires grumeleux, peut, avec toute vraisemblance, être rapportée aux lits inférieurs de la vraie Marne sans fossiles.

Or, ses Polypiers ne lui sont pas spéciaux, non plus que ses Oursins, et les uns et les autres se retrouvent dans toute la masse grumeleuse qui la surmonte. La marne qui les renferme ne peut donc être elle-même détachée du Corallien.

Ainsi les fossiles, partout où l'on en trouve, s'accordent avec la stratigraphie pour faire de la *Marne sans fossiles* un niveau corallien.

Observons toutefois que, tandis qu'à Mussy ses fossiles sont séquaniens, les Polypiers et les Oursins qu'on trouve à Briaucourt lui donnent un caractère nettement corallien.

L'étage séquanien descendrait donc, sur certains points, jusque sur l'Argovien, et serait ainsi, à son niveau inférieur, contemporain du vrai Corallien.

C'est une vérité que nous avions déjà signalée, M. Royer et moi, comme résultant de nos premières observations, mais qui n'avait pas passé sans conteste.

II. Argovien.

J'en viens maintenant à l'Argovien et au curieux accident que M. Royer y a reconnu aux environs de Saint-Ansiau, et que nous avons étudié de compagnie.

L'Argovien, ainsi que je l'ai dit plusieurs fois, se décompose, dans la Haute-Marne, en trois zones, qui sont, à partir du haut :

1° La zone à *Belemnites Royeri,*

2° La zone à *Ammonites Babeanus* (de grande taille),

3° La zone à *A. Martelli.*

La première de ces zones, à cause de ses fossiles, mi-partie argoviens, mi-partie coralliens, forme la transition d'un étage à l'autre.

Quant à la troisième, elle présente elle-même plusieurs niveaux distincts : en haut, les calcaires sableux à Pholadomyes de Viéville; au milieu, les calcaires marneux à *Hemithyris myriacantha* et *Ammonites Arolicus;* plus bas, les calcaires à Ammonites de Vraincourt;

à la base, enfin, des marnes à nodules siliceux, où l'on trouve, avec l'*A. Martelli,* l'*A. cordatus,* déjà signalé par M. Marcou à ce niveau un peu supérieur à son niveau habituel. — Et tout cet ensemble, que l'on peut étudier de Vouécourt à Roocourt, ou, de l'autre côté de la Marne, à Oudincourt, Annéville, Sarcicourt, etc., repose sur les vraies argiles à *Ammonites cordatus,* qui représentent l'Oxfordien proprement dit.

Mais, tandis qu'à Roocourt l'Argovien est complet et forme une butte de plus de 100 mètres d'élévation, à moins de 3 kilomètres de Roocourt, dans la direction de Neufchâteau, ses niveaux supérieurs disparaissent, et jusqu'à Manois et Reynel on n'y trouve aucune assise postérieure à la couche à *Hemithyris.* Au contraire, à Saint-Blin et à Vesaignes, à peu de distance au-delà de Reynel, tous les niveaux argoviens reparaissent, et nous avons pu y recueillir, non-seulement l'*Ammonites Martelli*, mais l'*A. Babeanus* (de grande taille), l'*A. hispidus* et le *Belemnites Royeri.*

Ainsi, il y avait à la fin de la période argovienne, de la vallée de la Marne à celle du Rognon, une immense dépression, limitée par une falaise dont la butte de Roocourt et celle de Montlebert, près de Vesaignes, paraissent les témoins persistants, et le Corallien inférieur, qui a comblé cette dépression, y descend à un niveau relativement très-bas.

Or, dans ce cirque argovien, à Saint-Ansiau, à 2 kilomètres à peine de Roocourt, on rencontre une petite falaise calcaire qui frappe tout d'abord par son caractère grumeleux prononcé. On croirait avoir affaire à des roches grumeleuses coralliennes, si l'on n'y recueillait l'*Ammonites Martelli,* l'*A. biarmatus,* le *Nautilus hexagonus* et quelques autres fossiles argoviens.

Chose plus curieuse, en montant au-dessus de cette falaise, on trouve un champ marneux, en pente abrupte, où nous avons ramassé abondamment, le *Stomechinus lineatus*, le *Cidaris florigemma,* le *Glypticus hieroglyphicus*, l'*Hemicidaris crenularis*, le *Pygaster umbrella* et beaucoup d'autres fossiles. Ce champ lui-même est surmonté d'une nouvelle petite falaise, qui nous a donné, comme la première, l'*Ammonites Martelli* et l'*A. biarmatus.*

Il semble donc, à première vue, qu'il y ait sur ce point une couche corallienne comprise entre deux couches argoviennes ; et ce qui accroît l'illusion, c'est qu'à quelques centaines de mètres de là, entre Saint-Ansiau et Briaucourt, le Corallien grumeleux est pétri d'Oursins et notamment de *Stomechinus lineatus.*

Pour expliquer ce paradoxe, la première hypothèse qui se présente, c'est que les roches de la falaise inférieure de Saint-Ansiau étaient,

dans le principe, dans le prolongement de celles de la falaise supérieure, qu'elles en ont été détachées par quelque commotion géologique, et qu'elles se sont affaissées en entraînant le Corallien grumeleux qu'elles supportaient.

Ce serait ainsi par l'effet d'une faille, qu'une couche corallienne paraîtrait subordonnée à une couche franchement argovienne, tandis que primitivement elle lui était supérieure.

Un peu de réflexion conduit à rejeter cette explication.

Une faille, en effet, n'est pas un phénomène local, mais dérange le terrain à une assez grande distance. Or, rien de pareil ne s'observe aux environs de Saint-Ansiau, et de Roocourt à Briaucourt nous n'avons découvert aucun indice de faille.

Et puis, une faille déplace les couches de terrain, mais ne les détruit pas, et si le phénomène que nous étudions était dû à une faille, on devrait retrouver, au-dessus de la falaise supérieure, une série de couches identiques à celles que la faille aurait entraînées, et notamment la couche à Oursins coralliens. Or il n'en est rien, et à Saint-Ansiau le Corallien inférieur n'existe pas, ou est représenté par des roches de tout autre nature.

L'hypothèse d'une faille est donc inadmissible.

On ne peut pas davantage, pour expliquer le phénomène, supposer qu'il est dû à une alternance des couches argoviennes avec le Corallien inférieur. Si en effet on peut, à la rigueur, admettre l'alternance de dépôts consécutifs dans la série géologique, il n'en est plus de même pour des dépôts non consécutifs et qui, comme ceux de Saint-Ansiau, ont dû se former à des milliers d'années d'intervalle, et ne se trouvent en contact que par suite d'une dénudation ou d'une longue interruption dans la sédimentation.

Il ne reste donc plus qu'une explication possible, c'est que, malgré les apparences, la couche litigieuse de Saint-Ansiau est argovienne.

Les Oursins coralliens qu'elle renferme sont-ils un obstacle à cette conclusion ? En aucune façon. N'ai-je pas en effet, dans des communications précédentes, signalé un grand nombre d'Oursins coralliens dans la couche à *Belemnites Royeri*, c'est-à-dire dans une couche incontestablement argovienne, la plus supérieure, il est vrai ? Et d'ailleurs, qui ne sait que dans la fameuse couche à *Ammonites cordatus* de Vieil-Saint-Remy, on trouve fréquemment des baguettes de *Cidaris florigemma?* Qui ne sait que depuis longtemps Alcide d'Orbigny a cité le *Stomechinus lineatus* et le *Pygaster umbrella* à la fois dans l'Oxfordien et dans le Corallien ? Et j'ajouterai que, sans aller si loin, à quelques pas de Saint-Ansiau, la couche à *Hemithyris* se présente avec son faciès normal, et que cependant nous y avons recueilli

plusieurs échantillons du *Stomechinus lineatus*. Il n'y aurait peut-être que le *Glypticus hieroglyphicus* qui n'aurait pas encore été cité à un niveau si inférieur.

Ainsi, les Oursins de Saint-Ansiau ne fournissent qu'un argument insuffisant pour le classement de la couche litigieuse. En revanche, d'autres fossiles apportent un argument direct. C'est ainsi que la *Megerlea pectunculoïdes*, la *Terebratella Richardiana*, la *Waldheimia Delemontana*, l'*Opis Virdunensis*, etc., qui sont si caractéristiques du Corallien grumeleux et accompagnent partout les vrais Oursins coralliens, ne se rencontrent pas avec ceux de Saint-Ansiau. Au contraire, à Saint-Ansiau on trouve un certain nombre de fossiles comme l'*Ammonites Martelli*, l'*A. Arolicus*, la *Terebratula vicinalis*, la *T. dorsoplicata*, le *Mytilus consobrinus*, le *Dysaster ovalis*, qui n'ont jamais été rencontrés dans le Corallien.

Concluons donc que la couche à Oursins de Saint-Ansiau est bien une couche argovienne : et la nature grumeleuse des roches à *Ammonites Martelli* qui la limitent en dessus et en dessous, suffisait, à elle seule, à nous mener à cette conclusion. Elle démontre en effet que, grâce sans doute à la dépression dont nous avons parlé plus haut, et à l'abri de la falaise de Roocourt, les phénomènes qui devaient donner naissance au Corallien grumeleux, se faisaient déjà sentir presque au début de l'époque argovienne, et que l'apparition de ce faciès, sans faire disparaître toute la faune argovienne, provoquait déjà l'apparition des Oursins caractéristiques du Corallien grumeleux.

— Ici se présente une objection qui nous a été faite sérieusement, mais qui n'est que spécieuse.

On sait, nous l'avons dit plusieurs fois et répété au commencement de cette note, que les calcaires grumeleux à *Hemicidaris crenularis* et à *Cidaris florigemma* qui sur certains points forment la base du Corallien, ont leurs représentants les plus typiques à Roche-sur-Rognon, à Reynel, à Briaucourt, à Rochefort, etc. Mais sur ces points, à cause de la grande dénudation de l'Argovien que nous avons signalée plus haut, au lieu de recouvrir les dernières assises argoviennes, ils reposent sur les couches à *Hemithyris myriacantha*, ou même sur des couches plus anciennes.

Or, au lieu de faire remonter l'accident grumeleux de Saint-Ansiau au niveau du Corallien inférieur, hypothèse que nous avons démontrée inadmissible, n'y aurait-il pas lieu, au contraire, de faire descendre les calcaires grumeleux de Roche-sur-Rognon, Reynel, Briaucourt, etc., au niveau de l'Argovien moyen ou supérieur, et de les regarder, sinon comme l'équivalent de l'accident de Saint-Ansiau, tout au moins comme sa continuation verticale ? De la sorte, la dénu-

dation de l'Argovien que nous avons reconnue de Saint-Ansiau à Vesaignes, ne serait qu'une illusion, et la réalité consisterait simplement dans une transformation grumeleuse, non-seulement de la couche à *Hemithyris,* mais encore de tout le reste de l'Argovien.

Cette hypothèse ne tient pas plus que la première devant l'examen des faits.

1° Les calcaires grumeleux de Roche-sur-Rognon, Reynel, Briaucourt, etc., contiennent une faune identique avec celle des calcaires à chailles, ou, en d'autres termes, du Glypticien du Jura, et doivent être considérés comme étant du même âge. Or tout le monde s'accorde aujourd'hui à regarder le Glypticien du Jura, non comme un niveau argovien, mais comme la base du Corallien.

2° Dans les calcaires grumeleux de Roche, Reynel, Briaucourt, etc., nous avons recueilli, entre autres fossiles, l'*Ammonites Achilles* (petite variété de d'Orbigny), la *Waldheimia humeralis,* la *Rynchonella pinguis*, l'*Ostrea Moreana,* l'*O. Bruntrutana,* le *Mytilus suprajurensis,* le *Pecten subarticulatus,* le *P. Buchi*, la *Pholadomya Protei,* l'*Apiocrinus Roissyanus,* etc. Ces fossiles rattachent nettement ces calcaires aux niveaux supérieurs, c'est-à-dire au Corallien compacte et au Séquanien, tandis qu'ils sont inconnus dans l'Argovien. En revanche, on ne trouve dans ces mêmes calcaires aucun fossile argovien qui ne passe en même temps dans le Corallien compacte.

3° A Roche, Reynel, Briaucourt, etc., les calcaires grumeleux qui nous occupent reposent, il est vrai, sur des couches assez anciennes de l'Argovien, mais il n'en est pas de même partout. A Vesaignes-sous-La-Fauche on les retrouve, mais reposant sur l'Argovien le plus complet. Dans cette localité en effet, comme dans la vallée de la Marne, on trouve dans l'Argovien la zone à *Ammonites Martelli,* la zone à *A. Babeanus* et la zone à *A. hispidus* et à *Belemnites Royeri,* et la collection de M. Babeau renferme une magnifique série de fossiles de ces différents niveaux, recueillis à Vesaignes même et à Saint-Blin. Or c'est cet ensemble si complet de l'Argovien, qui est recouvert par des calcaires grumeleux identiques à ceux de Roche, Reynel et Briaucourt, et l'on peut même suivre sans interruption leur continuité stratigraphique avec ces derniers. — Si ces calcaires grumeleux, à Vesaignes et à Saint-Blin, sont supérieurs à toute la masse argovienne, comment à Roche, Reynel et Briaucourt, représenteraient-ils l'Argovien moyen ou supérieur ?

4° Enfin, répétons ce que nous avons déjà eu l'occasion de constater : sur nombre de points les calcaires grumeleux de l'âge de ceux que nous étudions sont remplacés par l'Oolithe à Dicérates et à *Cardium corallinum.* Et cette transformation n'a pas seulement lieu lors-

que l'Argovien est complet, comme à la côte de Buxières et à Vouécourt, mais même lorsqu'il s'arrête aux couches à *Ammonites Martelli*, comme cela arrive à Cultru, en face de Roche-sur-Rognon. On ne peut donc songer à placer nos calcaires grumeleux dans l'Argovien, sans y placer aussi notre Oolithe à Dicérates.

Or, bien que cette dernière, dans la Haute-Marne, soit vraisemblablement plus ancienne que celle du Jura, l'identité de ses fossiles avec ceux de Saint-Mihiel et de Châtel-Censoir, empêche d'y voir autre chose que du Corallien. Et si autrefois M. Raulin a tenté de faire de cette oolithe, dans l'Yonne, un membre de l'Oxfordien, il faut convenir que cette opinion est restée absolument sans écho.

Il résulte évidemment de ce qui précède, que, s'il est sage d'attribuer l'accident grumeleux de Saint-Ansiau à l'Argovien inférieur, il est non moins sage de laisser les calcaires grumeleux de Roche-sur-Rognon, Reynel et Briaucourt, à la base du Corallien.

—Ajoutons que sans compter la marne oolithique à *Belemnites Royeri*, qui à Roocourt et à Poissonvaux renferme jusqu'à 17 espèces d'Oursins coralliens (y compris le *Glypticus hieroglyphicus*), et qui forme le terme supérieur de l'Argovien, nous connaissons maintenant 5 couches grumeleuses où se rencontrent le *Cidaris florigemma*, l'*Hemicidaris crenularis* et le *Glypticus hieroglyphicus*. Ce sont : 1° l'accident de Saint-Ansiau, que nous avons étudié ci-dessus et qui est argovien ; 2° les calcaires grumeleux de Roche, Reynel, Briaucourt, Vesaignes, etc., qui forment sur ces points la base du Corallien et sont, selon toute apparence, contemporains des marnes sans fossiles ; 3° les calcaires grumeleux de la gare de Froncles et ceux des Lavières, qui reposent sur les Marnes sans fossiles et appartiennent à la base du Corallien compacte ; 4° ceux du ravin du Heu à Vouécourt, qui occupent la partie supérieure du Corallien compacte inférieur et ne sont séparés que par quelques mètres de calcaires compactes, de l'Oolithe moyenne ou Oolithe de Saucourt ; 5° enfin, les calcaires grumeleux du ravin de La Genévroye, au-delà des vignes de Soncourt, qui englobent les deux précédents et représentent un faciès coralligène de la masse tout entière du Corallien compacte inférieur.

— Qu'il me soit permis de tirer de la discussion qui précède une conclusion générale.

Les faits que je viens d'exposer fournissent, en effet, une démonstration nouvelle de cette vérité aujourd'hui admise par presque tous les géologues, mais qui aurait paru une monstruosité il y a trente ans : c'est qu'aucun faciès minéralogique n'est spécial à un terrain, pas plus le faciès grumeleux ou oolithique que le faciès marneux ou siliceux ; c'est, ensuite, que deux terrains peuvent contenir des faunes

très-analogues sans être contemporains, et qu'au contraire deux terrains contemporains peuvent renfermer des faunes dissemblables.

Le secrétaire analyse les notes suivantes :

Note sur les terrains des environs de **Beaucaire**, par M. le marquis de **Roys**.

Nous avons souvent entretenu la Société de nos observations sur les terrains des environs de Beaucaire. Plus nous les avons étudiés, plus nous nous sommes convaincu de leur intérêt réel pour la science; mais nous avons reconnu dans nos anciennes observations quelques inexactitudes et des points insuffisamment observés ; nous devons aussi indiquer quelques erreurs commises par divers géologues sur la situation et l'âge de ces terrains.

Dès 1846, à la session d'Alais, nous avons signalé, d'accord avec Émilien Dumas, Requien, Renaux, MM. Coquand, Matheron, etc., une faute commise par un de nos plus illustres maîtres, Dufrénoy, qui plaçait dans l'étage miocène le calcaire d'eau douce de Sommières, à cause de sa situation immédiatement inférieure et en stratification concordante avec la molasse réellement miocène. Cette erreur avait entraîné, sur la *Carte géologique de la France*, le classement dans cet étage de tout le terrain d'eau douce inférieur de la Provence, y compris les gypses d'Aix, dont la contemporanéité avec ceux de Montmartre, rangés dans l'Éocène, a été prouvée par l'existence de dents de *Palæotherium*. Nous devons dire qu'ayant à cette époque soumis à Dufrénoy lui-même cette critique de son appréciation, ce savant, aussi modeste qu'éminent, nous approuva complétement, ajoutant qu'il était heureux de voir les géologues du pays rectifier les erreurs inséparables d'une reconnaissance trop rapide. Les premiers observateurs d'un pays sont eux-mêmes toujours exposés à des erreurs semblables.

Beaucaire est situé au pied méridional d'un rocher devenu très-escarpé par l'exploitation dont il est l'objet. En 1820 le maire de la ville fit ouvrir une tranchée dans ce rocher pour faire communiquer la partie haute de la ville avec le champ de foire; cette tranchée a reçu le nom de *la Brèche*. Les débris en provenant ont été utilisés pour les travaux du Rhône. Une autre tranchée, assez ancienne, située à quelque distance, porte le nom de *la Redoute*, parce qu'elle défendait l'approche d'un poste avancé. Au-delà de *la Redoute* cette petite chaîne atteint son point culminant. On a établi en cet endroit un calvaire et un chemin de croix.

La roche est un calcaire compacte, dur, à cassure conchoïde, offrant

les caractères d'un métamorphisme prononcé. Les joints de stratification sont assez déformés. On peut cependant reconnaître que les assises sont inclinées à l'est d'environ 15 degrés; leur direction est sensiblement nord-sud. Vers les plans de stratification encore assez apparents, nous avons à plusieurs reprises recueilli deux espèces de Bélemnites : *B. semi-canaliculatus* et *B. bipartitus*. A l'époque du percement de *la Brèche*, notre savant ami Requien a été assez heureux pour rencontrer un magnifique exemplaire du *Nautilus Requienianus* dans un point où le métamorphisme avait moins fortement agi. Cet exemplaire fait partie de la collection du Musée d'Avignon, si riche des dons de Requien. Il ne peut donc exister de doute sur le classement que nous avons toujours fait de ce massif dans l'étage aptien de d'Orbigny, étage ordinairement argileux ou marneux, mais qui, modifié profondément par les actions métamorphiques, est devenu ici un calcaire dur, sillonné à l'intérieur par de nombreuses crevasses, quelquefois remarquables par de belles cristallisations calcaires.

Rappelons que le 8 mars 1854 nous avons fait remarquer à la Société que le rocher sur lequel a été construit le château du roi René à Tarascon, sur la rive gauche du Rhône, appartient visiblement à ce massif, dont il a été séparé par la profonde fissure où coule aujourd'hui le Rhône en aval d'Avignon. L'ancien lit du fleuve est encore reconnaissable dans la vallée de Montfavet (et non Montchauvet, comme on l'a imprimé par erreur en 1854) et dans les terrains marécageux de Rognonas, Graveson, Maillane, jusqu'à Laurade, où était probablement son confluent avec la Durance, déviée près d'Orgon de sa direction naturelle. Les deux rivières réunies se jetaient dans la mer entre la chaîne des Alpines et le massif aptien commençant à Tarascon. C'est là effectivement que commence l'immense delta du Rhône, qui a fait, de notre part, l'objet d'une communication à la séance du 7 avril 1851.

Nous avions, en 1854, en parlant de la base du pic de l'Aiguille, attribué à l'étage aptien tout ce massif. Des observations plus récentes et plus précises nous ont fait voir que nous nous étions trompé.

La route nationale de Lyon à Beaucaire passe dans une dépression assez profonde, que nous avions d'abord pensé avoir été creusée, comme la *Redoute*, pour le passage de la route. Un double motif nous a fait reconnaître notre erreur. Le chaînon aptien s'arrête un peu au midi de cette dépression, par une pente assez abrupte qui en coupe les assises. De plus, le creusement des fossés de la route a coupé quelques-unes des très-minces assises de la formation d'eau douce supérieure aux argiles subapennines.

Au nord de cette dépression, qui en se continuant au midi forme le vallon de Saint-Genestet, s'élèvent les couches d'une roche tout

à fait semblable à la roche aptienne par ses caractères pétrographiques, mais où, au milieu d'assez nombreux fossiles complétement déformés par le métamorphisme, M. René de Courtois a pu recueillir deux exemplaires bien caractérisés du *Nautilus pseudo-elegans* et de l'*Ammonites Asticrianus*. C'est donc l'étage néocomien supérieur qui sort de dessous l'étage aptien. Le Néocomien supérieur semble assez peu puissant, et à 4 ou 500 mètres de la dépression dont nous avons parlé, ses assises, dirigées sensiblement N. S., comme les couches aptiennes, s'arrêtent en formant une légère sommité sur ce plateau rocailleux. Par-dessous, on voit apparaître des assises où M. de Courtois a trouvé des Spatangues et qui appartiennent par conséquent au Néocomien moyen. L'inclinaison de ces dernières assises est encore à peu près la même, mais leur direction change un peu, du pied du pic de l'Aiguille, au-dessus du confluent du Gardon, à la tranchée du chemin de fer au bout du vallon de Saint-Genestet. Cette bande néocomienne moyenne dépasse de près de deux kilomètres en longueur l'étage précédent. C'est à son extrémité nord que s'élèvent les pics de l'Aiguille, Tripelavade et Youton, qui appartiennent à l'étage supérieur de la Molasse, comme nous l'avons dit en 1846 à la session d'Alais, ainsi que le massif sur lequel était bâtie l'ancienne abbaye de Saint-Roman, et quelques plus petits lambeaux.

Ces pics forment une espèce de cirque, large de plus d'un kilomètre, long de deux environ, au centre duquel, avant le phylloxera, était une vigne sur un terrain marneux reposant sur des argiles rouges qu'on voyait dans un puits à l'angle de la vigne. Tout autour, et au-dessous des massifs de molasse, s'étend un calcaire oolithique, très-blanc, très-tendre, d'un grain très-fin, dans lequel nous avons trouvé, comme nous l'avons dit en 1854, des Cyclades, des Paludines et d'autres fossiles des marnes lacustres qui accompagnent les gypses d'Aix. C'est donc, comme nous l'avons dit alors, un lambeau de l'étage éocène, élevé à une grande hauteur au milieu de couches d'un âge différent.

Près de l'extrémité sud de cette longue bande est la tranchée dite *Roque-partide* (roche partagée), ouverte par les Romains pour le passage de la voie Domitienne de Rome à Bordeaux, voie dont on peut suivre le tracé dans sa plus grande partie; plusieurs de ses bornes miliaires sont encore en place.

Près de l'extrémité nord est un puits naturel, dit le *Trou de l'Orgue*, indiqué sur la carte d'Émilien Dumas. Il servait, en quelque sorte, de déversoir à l'étang de Jonquières, et les eaux qu'il absorbait s'écoulaient dans la plaine de Beaucaire par la fontaine de Pécou, près du château Privat. Par suite du dessèchement de l'étang la fontaine est tarie.

Vers le milieu, et sur une largeur bien moindre, les couches du cal-

caire métamorphique prennent une inclinaison beaucoup plus forte et s'élèvent à une hauteur considérable ; elles forment sur la route de Nimes la rude montée dite *Montagne de Sucat,* suivie d'une descente aussi rude. Malgré l'absence de tout fossile, nous croyons que cette différence dans l'allure des couches nous autorise à les considérer comme appartenant au Néocomien inférieur. Ainsi ce massif qui formait un écueil dans la mer de la Molasse et un îlot dans la mer pliocène, présente tout le terrain crétacé inférieur, y compris l'étage aptien. Sa longueur, depuis le château de Tarascon jusqu'au pied de la montagne de Sucat, est d'environ sept kilomètres ; sa plus grande largeur est la longueur de la bande de Calcaire à Spatangues. Le métamorphisme a fait disparaître ou rendu méconnaissables presque tous les fossiles ; ainsi nous y avons rencontré un grand nombre de disques plus ou moins aplatis, de 10, 15 et même 30 et 35 centimètres de diamètre, provenant certainement d'Ammonites, mais conservant à peine quelques traces de spire, et dont les ornements ont complétement disparu.

Les actions métamorphiques se sont fait sentir, mais bien moins fortement, dans la Montagnette, qui, avant l'ouverture de la fissure où coule aujourd'hui le Rhône, se reliait, nous le croyons du moins, au vaste massif néocomien qui va jusqu'aux Montagnes-Noires, en formant la chaîne nommée les *Basses-Cévennes.* Dans la partie méridionale de la Montagnette, M. de Courtois, outre de nombreux Spatangues et une Encrine, a recueilli les *Exogyra aquila*, *E. sinuata, Janira quinquecostata, Pholadomya Langii, Belemnites subfusiformis, Ammonites ophiurus,* etc.

Avant d'arriver aux carrières de Beaucaire et de les traverser en tunnel, le chemin de fer coupe une petite protubérance où les couches néocomiennes, brisées en blocs peu volumineux, sont recouvertes par une marne schisteuse, d'un bleu foncé. Trompé par sa nature et sa couleur, Marcel de Serres avait cru reconnaître dans cette marne les argiles subapennines, et il avait donné le nom de *Calcaire moellon* à un calcaire qui la recouvre. Dans la tranchée de Saint-Genestet cette marne schisteuse forme une assise de trois à quatre mètres de puissance, sous la molasse calcaire. En 1854 nous l'avions regardée comme l'étage inférieur de la Molasse, partageant en cela l'opinion d'Émilien Dumas, adoptée plus tard par M. Matheron, qui la désigna par le nom de *Molasse bleue.* Longtemps nous y avions vainement cherché des fossiles, croyant en trouver surtout dans la partie exploitée pour les remblais du chemin de fer. Enfin, il y a quatre ans, nous y avons recueilli, dans la tranchée même, un exemplaire bien entier d'une Huître que M. Tournouër reconnut pour l'*Ostrea navicularis,* Brocchi (*cochlear,* Poli), caractéristique, d'après lui, de la partie su-

périeure de l'étage miocène, ce qui nous semblait s'accorder peu avec les 120 mètres de Molasse qui lui sont superposés.

Il y a deux ans, étant retourné à cette tranchée avec MM. Domergue et de Courtois, nous avons recueilli, du côté nord, un assez grand nombre d'Huîtres. Malgré des différences de forme assez prononcées, dès le premier aspect, à la vue du crochet toujours un peu infléchi à gauche et de la surface extérieure lisse, M. Tournouër n'hésita pas à les rapporter toutes à l'*O. cochlear*. Mais nous avons remarqué que l'assise inférieure de la Molasse qui surmonte les schistes, et dont l'épaisseur est de plus d'un mètre, ne s'applique pas exactement sur les schistes et laisse un intervalle suffisant pour y fourrer le bras. Nous avons extrait de cet interstice des Oursins très-déformés, mais n'appartenant pas aux genres Clypéastre et Scutelle caractéristiques de la Molasse, des Huîtres également indéterminables, mais dont la surface extérieure est très-lamelleuse, des corps à base cylindrique et à fond plat, qui nous ont paru provenir de Cirrhipèdes, enfin une Balane. Ces fossiles nous indiquaient clairement que la mer où les schistes se sont déposés ne s'élevait pas au-dessus de leur niveau actuel, et si le doute eut été possible, il se serait évidemment dissipé lorsque, tournant la maison du cantonnier, à l'entrée de la tranchée, nous avons reconnu à ce niveau, sur la roche néocomienne, une ligne de trous de Pholades se prolongeant sur le flanc du vallon. Pour que la Molasse supérieure ait pu se déposer, il a donc fallu que le fond de la mer s'abaissât postérieurement au dépôt des schistes, d'une hauteur de plus de cent vingt mètres.

Dans les plus profondes carrières et dans les assises de la Molasse qui à la sortie du tunnel plongent sous la grande couche des argiles subapennines sous un angle de 18° environ, la pierre porte tous les caractères d'un dépôt opéré sous une grande profondeur d'eau : le grain en est très-fin ; il n'y a d'autres fossiles que quelques rares dents de Squales ; on n'y trouve pas, ou du moins presque jamais, ces rhomboèdres de chaux carbonatée communs dans le haut et provenant de débris de coquilles.

Le plongement des couches à la sortie du tunnel peut être dû aux ondulations du sol où elles se déposaient. Les strates les plus élevées sont en effet légèrement ondulées et moins épaisses ; du moins les carriers les exploitent sur une épaisseur de 32 à 35 centimètres, tandis que les plus inférieures atteignent un mètre. La pierre des bancs inférieurs est d'une excellente qualité comme pierre d'appareil. Tendre et facile à tailler quand elle est récemment extraite, elle devient, dès qu'elle a perdu son eau de carrière, dure et si résistante que nous avons vu des murs remontant à quatre siècles au moins, hauts de

30 mètres, épais de 16 à 18 centimètres au plus, et n'offrant pas la moindre trace de dégradation.

Lorsqu'on arrive à une hauteur de 25 à 30 mètres au-dessus du cintre du tunnel, un regard superficiel n'aperçoit pas de différence dans l'aspect de la pierre. Cependant, avec un peu d'attention, on pourrait voir que les rhomboèdres spathiques deviennent nombreux, et on trouve des fragments d'Huîtres, de Peignes et d'Oursins fortement engagés dans la roche. Lorsque cette pierre est employée encore fraîche dans les constructions, elle se couvre très-souvent d'efflorescences de salpêtre, qui se renouvellent assez longtemps quand on a le soin de les enlever. Émilien Dumas nous a dit que dans la molasse de Sommières il existait une grotte donnant abondamment de ces efflorescences et bien connue des salpétriers qui venaient l'exploiter. Dans une maison construite à Beaucaire par M. Avon, les colonnes d'un petit péristyle, dans une cour intérieure, se sont couvertes d'efflorescences pendant plusieurs années. Il reste donc encore dans la roche une proportion notable de matière organique.

Ces efflorescences sont suivies d'érosions qui dans les constructions récentes et minces peuvent compromettre leur solidité; mais si les matériaux ont une épaisseur suffisante, elles produisent seulement, à la surface, des sillons et des dessins de 2 à 3 centimètres de saillie. On n'aperçoit aucune de ces érosions dans la chapelle romane de Saint-Louis, ni dans les murs d'enceinte du château qui l'entoure, ni dans l'élégant monument gothique nommé la *Croix couverte* dans la plaine de Beaucaire, ni dans le château de Tarascon, dont les pierres proviennent de carrières plus profondes.

Au-dessus de ces dernières assises il y eut sans doute un ralentissement dans l'affaissement du sol. Les strates, bien divisées, n'ont plus que 15 à 20 centimètres de puissance et s'exploitent en dalles de 2 à 4 mètres pour clôture des champs ou pour des ponts sur les fossés qui les entourent. On y voit des exemplaires nombreux et bien entiers de Scutelles, de Clypéastres, de Peignes, etc., mais on a beaucoup de peine à détacher ces fossiles, à cause de la dureté de la roche. Ces strates disparaissent au sommet du plateau, sous les innombrables galets du Diluvium alpin, et sur une assez grande hauteur on ne voit plus de Molasse. Elle reparaît au-dessus du lambeau éocène dont nous avons parlé, et forme les pics et les lambeaux que nous avons cités. Ici l'étage supérieur, riche en *Venus*, en *Pecten*, se montre seul. C'est sans doute un lambeau de cet étage qu'avait observé Marcel de Serres et qu'il avait nommé *calcaire moellon*.

Il nous paraît évident que la molasse calcaire du Sud-Est de la France s'est déposée dans une vaste mer, mais n'y formait point une

assise continue. Les nombreux massifs ou lambeaux qu'on rencontre n'ont évidemment pas été reliés entre eux. Quelques-uns n'ont qu'une étendue très-restreinte; tels sont celui de Théziers et surtout de nombreux pointements qui se montrent au jour à travers les argiles subapennines. D'autres sont assez étendus, comme ceux de Fontvieille aux Baux et aux Cordes, de Sommières à Villevieille, de Castries (Hérault). Nous croyons donc pouvoir affirmer qu'ils sont tous le produit d'eaux calcarifères surgissant du fond de cette mer, ce que d'Omalius nommait des *formations geysériennes*. Ces eaux ne se sont pas fait jour en même temps, mais probablement lors des différents mouvements du fond de cette mer; ce qui explique très-bien la texture différente des couches. Les assises inférieures fournissant les excellentes pierres d'appareil que nous avons signalées, sont assez rares; nous ne connaissons avec certitude que celles des carrières de Beaucaire et de Fontvieille.

Les mouvements du sol que nous avons mentionnés au nombre de trois au moins, et l'importance des formations qui les ont suivis, nous paraissent prouver qu'il s'est écoulé entre eux un temps considérable. Nous ne pouvons donc adopter l'opinion de M. Matheron, qui place la Molasse entière, y compris les marnes schisteuses, dans la formation falunienne, et nous croyons devoir revenir à celle que nous avons émise en 1846, et qui fait de cette Molasse l'équivalent de tout l'étage miocène du bassin de Paris.

Si l'Huître que nous avons trouvée en assez grande quantité dans les schistes marneux au-dessous de la puissante formation de la Molasse, est bien l'*Ostrea navicularis*, Brocchi (*cochlear*, Poli), il faudra bien reconnaître qu'elle n'est point partout caractéristique de la partie la plus élevée de l'étage miocène, et qu'on peut la rencontrer à un niveau fort inférieur. Pourrait-on s'en étonner? La *Janira quinquecostata* ne se trouve-t-elle pas dans toute l'épaisseur des terrains crétacés? La première Huître que nous avons recueillie avait, à droite du crochet, un conduit qui n'est pas indiqué sur les planches de Hörnes. Mais M. Tournouër ne pense pas qu'on doive s'y arrêter, d'autant qu'il ne se rencontre dans aucun des autres exemplaires.

Au pied de tous les terrains que nous venons de décrire, et recouvrant les assises inférieures de la Molasse qui la percent souvent, s'étend la grande et puissante formation des argiles subapennines, dont nous avons assez récemment parlé à la Société. Nous ajouterons seulement qu'elle est sensiblement horizontale de Théziers jusqu'à Montpellier; mais nous avions oublié de mentionner l'observation assez ancienne de l'abbé Berthon, qui l'a si bien étudiée: dans le voisinage du Rhône les couches ont une inclinaison qui va jusqu'à 22°. L'infati-

gable chercheur, M. René de Courtois, a recueilli, près de la tuilerie de *Pauvre-Ménage*, des Bulles, des Cérithes, des Turritelles, etc., dont le test bien conservé est engagé dans l'argile.

Nous avons mentionné une coupe très-nette de la formation d'eau douce supérieure à ces argiles, de ses très-nombreuses et très-minces assises, dans les travaux du pont sur lequel passe le chemin de fer près Saint-Roman. Quelques-unes de ces assises ont été coupées par les fossés de la route de Lyon à Beaucaire; mais elles ont disparu sous les éboulements des berges. Si l'on voulait aujourd'hui en relever les détails, il faudrait obtenir de l'administration des Ponts-et-Chaussées de faire rafraîchir le talus, au moins au nord-ouest du pont.

Il nous reste à examiner la formation si étendue à laquelle on a donné le nom de *Diluvium alpin*. La tranchée sur le chemin de Saint-Gilles, aux abords du pont dont nous venons de parler, en a donné une longue coupe. On en voit quelques autres, mais moins complètes, sur le chemin de fer.

C'est une immense quantité de galets dont la forme générale est à peu près un ellipsoïde de révolution, offrant jusqu'à 15, 20 et même 35 centimètres de longueur, sur 10, 12 et quelquefois 18 d'épaisseur. La grande majorité de ces galets est d'un grès à ciment siliceux très-résistant, ressemblant à celui qui accompagne les formations anthracifère et triasique des Alpes occidentales. Nous en avons trouvé quelques-uns en granite très-altéré, deux ou trois en euphotide verte, un assez grand nombre en variolite. Il nous semble impossible de douter de leur origine alpine, et le nom de *Diluvium alpin* serait parfaitement mérité, s'il était possible de penser qu'ils ont été amenés par des torrents diluviens ; mais leur forme ne permet pas de le supposer. Ils sont mêlés à un assez grand volume d'un limon terreux, rougeâtre, très-recherché des horticulteurs pour la culture des plantes exotiques, sous le nom de *terre rouge des oliviers*.

L'examen attentif de cette formation sur plusieurs points nous a convaincu qu'elle était le produit d'un immense glacier, qui, partant de la haute chaîne des Alpes occidentales, couvrait la Provence, le Dauphiné, et s'étendait jusqu'aux montagnes du Forez et aux Hautes-Cévennes. Sa hauteur était sans doute inférieure aux sommités néocomiennes voisines du Pont-du-Gard, qui ont protégé la plaine du Vistre, et à la montagne de Sucat, qui a protégé Saint-Vincent et Jonquières, refoulant ainsi la grande masse des galets vers le point nommé *Peyres plantadas* à cause des bornes miliaires romaines dont une est encore debout. Ce point est bien connu des ingénieurs et voyers, qui viennent y chercher les pierres convenables pour servir de pavés.

Le Diluvium alpin est généralement meuble, sauf sur quelques

points où les galets ont été agglomérés par un ciment siliceux, comme dans la tranchée du chemin de fer de Saint-Roman. Sans cesse lavés par les pluies, qui en été sont réellement torrentielles, les galets demeurent propres à la surface, et le limon qui se forme par l'émoussement des angles et le brisement des fragments se trouve réuni audessous. Ce fait a été prouvé par l'enlèvement de la couche superficielle près de l'ancien château de Saint-Roman acheté par la compagnie des *Hauts-fourneaux* de Beaucaire, qui, ayant besoin de remblais, a fait creuser d'environ un mètre; le sol, jadis caillouteux, est devenu un excellent jardin.

Cette formation couvrant tous les dépôts pliocènes a dû nécessairement leur être postérieure, ce qui fixe son âge. Dès 1834 Élie de Beaumont lui rapportait la formation du cordon littoral qui borde la Méditerranée, d'une façon si régulière, de la Camargue à Port-Vendres; il en concluait qu'Aigues-Mortes n'était pas plus près de la mer au temps de Saint-Louis que de nos jours. L'erreur de la plupart des géographes à ce sujet est d'autant plus inexplicable que la moindre réflexion leur aurait fait reconnaître qu'on ne donne jamais le nom de *mortes* aux eaux de la mer, et que dès le temps de Saint-Louis cette ville, qu'il avait achetée pour pouvoir s'embarquer dans son domaine, portait ce nom.

Des **Puits naturels** *et de leur remplissage dans le* **Jura**, par M. **Tardy**.

Le journal *La Nature* a publié récemment (nº du 6 novembre 1875) un article dans lequel M. Stanislas Meunier étudiait la formation des puits naturels du Calcaire grossier de Paris. L'auteur cite des expériences qu'il a faites et qui prouvent que les puits du Calcaire grossier de Triel ont été perforés de haut en bas par des eaux chargées d'un acide, sans doute d'acide carbonique.

L'examen attentif des cavités mises à découvert par les tranchées naturelles ou artificielles qui découpent les montagnes du Jura, prouve l'exactitude de l'opinion de M. Meunier.

Dans sa très-exacte description, cet auteur dit que les lits du Diluvium semblent s'infléchir dans ces poches, jusqu'à prendre une forme conique. Cela indique qu'après un recouvrement rapide de tout le pays par le Diluvium, il s'est produit un tassement progressif, aidé sans doute par l'infiltration lente des eaux. Cette action a en quelque sorte aspiré les dépôts supérieurs caillouteux dans l'intérieur de l'entonnoir.

Contre la paroi des puits il existe un dépôt argileux rougeâtre. Cette argile est abondamment répandue dans le Diluvium auquel elle a fait donner le nom de *Diluvium rouge*. C'est ce diluvium qui à Triel recouvre directement le Calcaire grossier. « Dans les puits du Calcaire » grossier à Triel, dit M. St. Meunier, l'argile rouge est très-inégale- » ment répartie dans les diverses régions du remplissage : elle forme » comme une sorte de doublure de tout le puits, enduisant les parois » d'une couche plus ou moins épaisse rappelant les salbandes des » filons; dans le fond des puits profonds, elle existe seule, mélangée » de sable, résidu de la dissolution des cailloux calcaires. Souvent les » puits se continuent dans la profondeur sous forme de conduits di- » versement contournés et parfois fort étroits ; dans ces cas il n'est pas » rare d'y trouver l'argile si absolument pure qu'elle rappelle la litho- » marge proprement dite. Plus on va profondément, plus l'argile est » pure et de couleur foncée. N'est-ce pas un premier indice que son » origine est souterraine ? »

Que cette argile soit éruptive sur certains points, cela est admissible; mais qu'elle soit partout venue par la base des puits, cela n'est pas prouvé, car la description citée ci-dessus s'appliquerait exactement à un dépôt formé par un entraînement lent de l'argile du Diluvium au moyen des eaux d'infiltration. Ces eaux entraînent l'argile insoluble dans les profondeurs, dissolvent le fer de la surface pour le transporter dans le fond, où il se précipite, soit par aération, soit par l'effet de l'attaque du calcaire. De cette façon, les parties les plus pures de l'argile diluvienne doivent nécessairement se trouver dans les parties les plus profondes et les plus étroites, où les cailloux n'ont pu pénétrer. Ce doit aussi être là, et au contact de la roche calcaire, que l'argile est le plus rubéfiée.

Cette origine diluvienne des argiles rouges contenues dans le fond des poches et des puits naturels, est mise en évidence dans le *Jura* par l'observation des très-nombreuses excavations de ce genre qui criblent ce massif montagneux.

En examinant les diverses tranchées ouvertes dans ces montagnes, on voit, sous la terre végétale rouge qui recouvre la roche, celle-ci prendre l'aspect grenu des pierres attaquées par un acide. La dissolution des fossiles est plus lente que celle de la roche ; et ils forment des saillies, peut-être parce que leur calcaire renferme encore une partie organique qui rend l'action dissolvante des acides plus lente et plus difficile. Le calcaire cristallisé en tête de clou qui tapisse les cavités géodiques et les fissures de la roche, est au contraire facilement attaqué.

La présence de ce calcaire spathique dans les nombreuses géodes

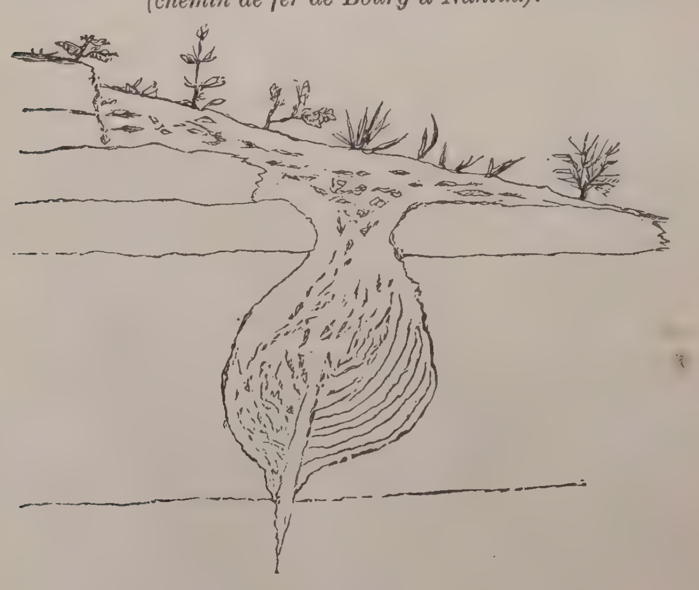
sans issues dont la roche est criblée, prouve que cette cristallisation a été produite par une sorte d'exsudation de la pierre elle-même, et qu'elle n'a eu lieu qu'après le premier retrait de la pâte, dont elle a rempli les divers interstices.

C'est par les fissures tapissées de calcaire cristallin que la dissolution de la roche a dû commencer; en effet, au fond de chaque poche on trouve de ces fissures encore remplies de calcaire cristallin. Celui-ci n'est alors souillé d'aucune matière étrangère, ce qui prouve que l'argile rouge qui remplit le haut de la poche n'est pas venue par cette voie. Au contraire, cette argile vient de la surface, puisqu'elle tapisse toute la roche depuis la surface extérieure jusqu'au fond, mais en s'épurant à partir du haut, comme un produit de lavage lentement entraîné par l'eau.

Au-dessus de la partie de la fissure encore garnie de calcaire cristallin, celle-ci ne renferme d'abord que des dendrites, puis elle s'élargit un peu et se transforme enfin en une poche plus ou moins vaste, quelquefois rétrécie vers la partie supérieure ouverte à travers un calcaire plus dur.

Dans l'une de ces poches (fig. 1), très-largement excavée vers le fond, j'ai pu observer, dans un coin, un dépôt argileux, fin, stratifié en un grand nombre de lits minces qui se relevaient, d'un côté, vers l'orifice ;

Fig. 1. *Poche dans le calcaire jurassique des carrières de Ramasse (chemin de fer de Bourg à Nantua).*



de l'autre côté ces lits étaient coupés assez nettement au-dessus de la fissure qui prolongeait la poche inférieurement. Dans cette partie le dépôt était d'une teinte uniforme, sans aucune apparence de stratification; c'était le lieu du passage de l'eau d'infiltration. Dans la partie stratifiée, au contraire, les assises inférieures étaient les plus rouges; mais chaque zone avait sa couleur propre, ce qui faisait ressortir la stratification.

Cette argile des poches ressemble tout à fait à celle qui se trouve à la surface extérieure de la roche; elle est seulement d'une pâte un peu plus fine. Quelle peut être l'origine de cette terre rougeâtre qui recouvre presque tous nos continents sur une faible épaisseur? Est-elle éruptive ou sédimentaire? C'est ce qu'il faudra maintenant rechercher.

Un **ancien Glacier** *des environs de* **Genève**, par M. **Tardy**.

Lors de la réunion de la Société à Genève, en août et septembre 1875, M. Alph. Favre voulut bien nous conduire au bois de La Bâtie, en aval du confluent de l'Arve, pour nous montrer l'Alluvion ancienne recouverte par le terrain glaciaire. Une route en construction nous permit d'étudier facilement les divers caractères de l'alluvion et des terrains qui la surmontent.

L'Alluvion ancienne, qui repose, dit-on, sur la Molasse, se compose de lits à peu près horizontaux de galets; on n'y voit presque pas de lits de sables. Elle ne présente aucune ondulation; mais on y trouve çà et là quelques lits également horizontaux de galets un peu volumineux. Ceux-ci alternent avec des bancs de menus cailloux conservant la même régularité stratigraphique. Cette disposition nous prouve que nous sommes en présence de l'alluvion d'une rivière à cours régulier et à pente uniformément permanente. Cette rivière ne devait avoir que peu de variations dans son débit, et ces variations ne se produisaient jamais d'une façon brusque.

Le Rhône de cet âge traversait donc déjà, sans doute, le lac Léman, qui, comme aujourd'hui, régularisait son débit. Les roches que roulait ce fleuve venaient soit de l'Arve, soit d'anciens dépôts erratiques qu'il lavait et remaniait.

Dans ces alluvions anciennes on trouve des roches du Haut-Valais. Il en résulte qu'avant leur dépôt la vallée du Rhône avait déjà été le témoin d'un transport de roches venues de ce pays. Or la vallée occupée par le lac Léman étant la seule vallée qui réunisse le Valais à

Genève, l'existence même de ce lac à l'époque des Alluvions anciennes démontre que ce transport est le résultat d'un glacier. Un glacier est en effet le seul véhicule qui ait pu faire traverser le lac Léman à des roches originaires du Valais, en laissant subsister ce lac à l'époque de son retrait.

Ce dépôt glaciaire, évidemment antérieur à l'Alluvion ancienne qui en renferme les débris, précède, à plus forte raison, les dépôts glaciaires qui recouvrent cette Alluvion et qui, d'après tous les auteurs, s'étendent à la surface des plaines et des plateaux jusqu'à Lyon. Il est, d'autre part, plus récent que les Molasses du bassin du Rhône, qui se terminent, d'après M. E. Benoît (1), par des molasses à Mastodontes.

Cette situation fixe son âge. En effet, les géologues Suisses admettent que l'Alluvion ancienne de Genève est l'équivalent de celle qui, aux environs de Zurich, recouvre les argiles à lignites de Dürnten. Ces argiles renferment la faune à *Elephas meridionalis* et sont peut-être représentées à Genève, nous a dit M. Alph. Favre, par des argiles qui affleurent sous le bois de La Bâtie, dans le lit de l'Arve.

A Dürnten, sous les argiles à lignites, M. Oswald Heer a signalé l'existence de cailloux striés, dénotant un dépôt glaciaire antérieur à l'*E. meridionalis* et postérieur aux Mastodontes. Une formation glaciaire de même âge a été signalée en 1869 à Perrier, au pied du pic du Sancy, par M. Julien ; mais ce terrain de Perrier, foulé depuis si longtemps par de nombreux et savants géologues auxquels ses caractères glaciaires avaient jusqu'alors échappé, ne pouvait se faire subitement accepter pour le produit d'un glacier, sans soulever quelques contradictions.

Les roches valaisanes des environs de Genève ne pouvant, ainsi que nous l'avons vu, avoir été transportées à Genève à travers le lac Léman, que par un glacier, on est forcé d'en conclure, pour les raisons énoncées plus haut, que l'Alluvion ancienne est un dépôt glaciaire remanié. Alors la nécessité de l'existence de ce terrain glaciaire ancien doit, ce me semble, faire repousser toutes les objections opposées jusqu'à ce jour aux premières observations de M. Oswald Heer, puis à celles de M. Alph. Julien.

Ces premiers dépôts glaciaires forment en quelque sorte la transition entre l'époque tertiaire et l'époque quaternaire. M. A. Julien les a considérés comme le commencement de cette dernière époque, et en a fait sa première époque glaciaire. Cette première époque glaciaire n'est séparée de la seconde que par les lignites de Dürnten et les Alluvions anciennes. En effet ces dernières, qui terminent, je crois, pour la géné-

(1) *Bull.*, 3e sér., t. III, p. 449 ; 1875.

ralité des géologues, l'époque pliocène, sont immédiatement recouvertes par les moraines et par la boue durcie des glaciers quaternaires, dont la grande extension égale celle des glaciers pliocènes (1).

Vers la fin de l'époque des Mastodontes, les glaciers, qui depuis la grande extension miocène n'avaient, sans doute, pas quitté les hauts sommets des Alpes, sont descendus dans la plaine, où ils ont dû écraser les forêts et les recouvrir de cailloux, sans les avoir d'abord détruites par une simple action frigorifique. En effet, ainsi que chacun peut l'observer au pied des Alpes, les glaciers n'ont d'action sur ce qui les entoure que par leur poids, par le volume de leurs moraines et par le débit de leurs torrents. Pendant leur extension, ils ont raboté et nivelé tout sur leur chemin, et ensuite, lors de leur retrait, ils ont abandonné des moraines, laissant entre celles-ci des cuvettes imperméables.

Ces nouveaux bassins fermés ont donné naissance à des lacs et à des marécages qui ont été fréquentés par l'*Elephas meridionalis*. Le climat se modifiant, les fleuves ont agrandi leur lit et remanié tous les dépôts incohérents qui encombraient leurs vallées ; ils ont ainsi entraîné les argiles, stratifiant les cailloux sur tous les fonds trop résistants. Parmi ces fonds, il convient de mentionner les boues argileuses glaciaires, cimentées par des infiltrations pendant l'âge de l'*E. meridionalis;* telles sont les argiles à lignites de Dürnten et peut-être les marnes inférieures du bois de La Bâtie.

Les grands cours d'eau ont dû souvent remanier des ossements de la faune contemporaine ; mais ils ont dû aussi entraîner dans leurs vastes inondations les derniers représentants de cette faune, devenus moins bons reproducteurs, en raison du climat précurseur des glaciers quaternaires. Par une conséquence naturelle de ce régime, les assises supérieures des alluvions anciennes ne renferment plus de débris complets de la faune de l'*E. meridionalis,* parce qu'elles sont le produit des torrents des glaciers. Ceux-ci se sont avancés de nouveau pour bientôt tout recouvrir. A ce moment commence l'époque quaternaire, pendant laquelle les glaciers, après être descendus jusque dans les basses plaines sur les traces de leurs prédécesseurs, se sont retirés de nouveau vers les sommets des grandes chaînes, par une marche longue et hésitante, susceptible, peut-être, de se scinder en plusieurs phases.

(1) Sur cette extension consulter une note publiée par moi dans les *Annales de l'Académie de Macon,* 1876.

Les **Glaciers miocènes** *en* **Bresse**, par M. **Tardy**.

Divers puisatiers m'ont souvent assuré que dans les puits profonds qui traversent tout le système des marnes lacustres pour atteindre la nappe aquifère des molasses, on trouvait, entre ces deux formations, de très-gros cailloux de quartzites. De telles roches ne peuvent guère avoir été amenées à Bourg que par une action d'origine glaciaire.

Dans un bassin creusé dans la vallée de la Veyle pour l'alimentation de la gare de Bourg, on a en effet rencontré au niveau du fond des puits indiqués ci-dessus, à 215 mètres environ d'altitude, une nappe d'eau très-abondante coulant au milieu de cailloux de quartzites assez volumineux. L'eau fournie par ce bassin est, comme celle de la nappe aquifère des molasses, très-pure, peu incrustante et douée d'un pouvoir ascensionnel de plus d'un mètre.

Du fond d'un autre puits récemment creusé à Bourg, on a aussi ramené des cailloux de quartzites. Il est peu probable que dans ce puits ces cailloux proviennent des assises quaternaires de la Bresse qui forment tout le sol de la plaine, parce que les eaux se sont rapidement élevées de près de 4 mètres et ont empêché tout travail ultérieur.

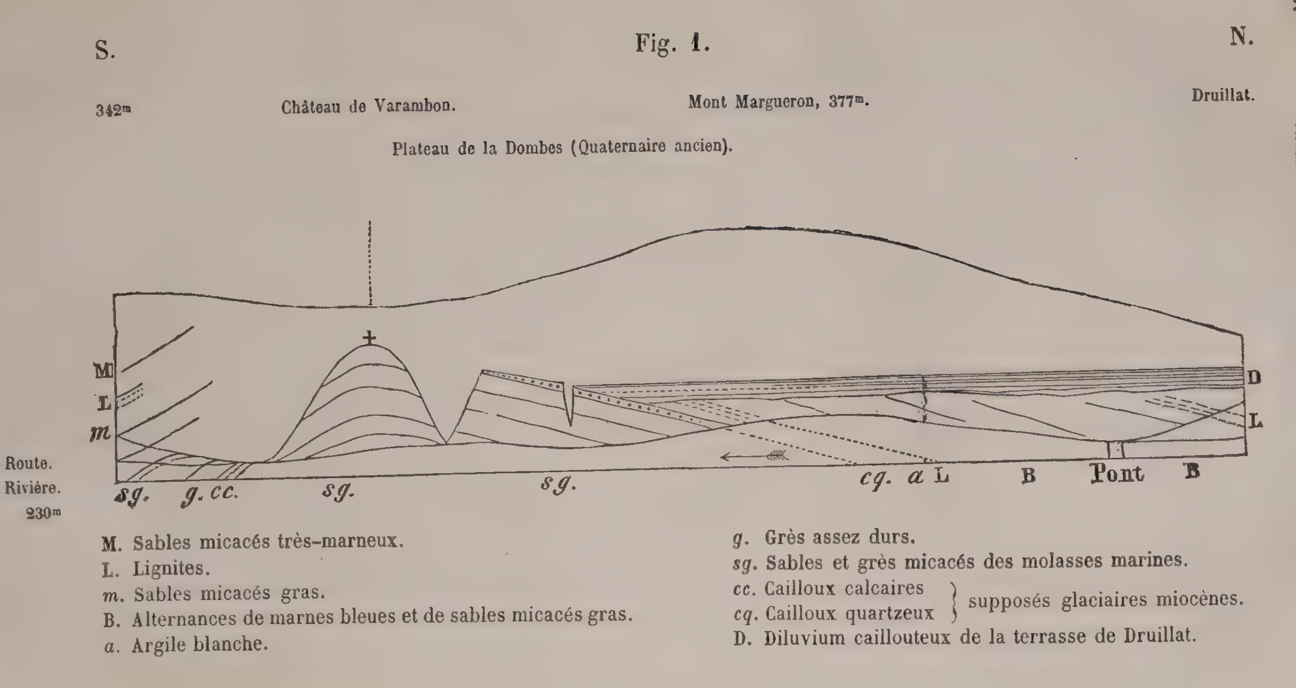
Néanmoins, en parcourant le pourtour méridional de la Dombes, je n'ai pu trouver sur les flancs de ce plateau aucune trace bien évidente de ce dépôt de quartzites.

Cependant, à Varambon, entre le système des molasses marines et celui des molasses d'eau douce, on voit des dépôts caillouteux signalés en 1859 à la Société géologique par M. Drian (1), lors de la réunion extraordinaire de Lyon. Dans la coupe donnée par M. Drian, ces dépôts sont désignés par la lettre A.

Au sud du mamelon de sables marins sur lequel est bâti le château de Varambon, dans la berge de la rivière d'Ain, on voit (fig. 1) un conglomérat de cailloux de calcaires jurassiques, *cc*. Ces cailloux, distants de plus de quatre kilomètres de tout affleurement de l'étage jurassique, sont en outre séparés de la montagne jurassique la plus voisine par le mamelon des sables marins. Cependant, quoique ces sables soient à peine durcis, les cailloux de cette formation erratique *ne sont pas roulés*. Les sables siliceux qui ont agglutiné ce dépôt ont trop altéré les surfaces des cailloux pour qu'on puisse espérer y trouver des traces de stries.

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XVI, p. 1120.

Fig. 1.



M. Sables micacés très-marneux.
L. Lignites.
m. Sables micacés gras.
B. Alternances de marnes bleues et de sables micacés gras.
a. Argile blanche.

g. Grès assez durs.
sg. Sables et grès micacés des molasses marines.
cc. Cailloux calcaires } supposés glaciaires miocènes.
cq. Cailloux quartzeux } supposés glaciaires miocènes.
D. Diluvium caillouteux de la terrasse de Druillat.

Au nord du même mamelon de Varambon, du côté de la montagne, il y a au contraire un lit de cailloux siliceux, *cq*, qui semble s'engager sous les lignites, L, et les marnes lacustres, B ; mais ses affleurements, visibles en deux points seulement, dans deux ravins et trop près du Diluvium, D, ne permettent pas une affirmation de son âge. Néanmoins il y a tout lieu de supposer que ce dépôt est miocène et intercalé entre les molasses et les argiles lacustres à lignites de la Bresse.

Ainsi qu'on peut le voir dans la coupe donnée par M. E. Benoît à la séance du 19 avril 1875 (1), les formations erratiques existent dans le bassin du Rhône vers le niveau des poudingues de la colline de Turin. Elles se montrent encore dans les montagnes de la Grande-Chartreuse. Aussi serait-il bien étonnant qu'il ne se trouvât pas quelque trace de ce phénomène erratique dans les assises miocènes du bassin de la Saône ; néanmoins le dépôt indiqué ci-dessus à Varambon sous les marnes lacustres de la Bresse est un des plus récents de cette époque (2).

Séance du 31 *janvier* 1876.

PRÉSIDENCE DE M. EDM. PELLAT.

M. Sauvage, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. Tabuteau, Capitaine au 93e Highlanders, F. G. S., rue de Constantinople, 7, à Paris, présenté par MM. Danglure et Sauvage.

Le Président annonce ensuite une présentation.

M. Tournouër analyse les notes suivantes :

(1) *Bull.*, 3e sér., t. III, p. 437.

(2) En effet, d'après le mémoire de M. E. Benoît sur les terrains tertiaires du bassin du Rhône (1), d'après le tableau qui résume l'étude de M. Alb. Falsan sur la position stratigraphique des tufs de Meximieux (2), d'après les travaux de M. Renevier (3) et de plusieurs autres auteurs, le dépôt erratique en question est, d'une part, inférieur aux molasses d'eau douce à Mastodontes (Tortonien, d'après MM. Falsan et Renevier), et, d'autre part, supérieur aux couches à *Pecten scabrellus* (Helvétien, Mayer ; Seravallien, Pareto) ; il serait même, d'après les indications de M. Falsan, supérieur aux couches de Cabrières-d'Aigues ; ce qui fixe son âge dans des limites très-restreintes.

(Note ajoutée pendant l'impression.)

(1) *Loc. cit.*

(2) *In* de Saporta et Marion, *Recherches sur les Végétaux fossiles de Meximieux (Arch. du Mus. d'Hist. nat. de Lyon*, 5e fasc.), 1876.

(3) *Tableau des Terrains sédimentaires* ; 1874.

Relations du **Pliocène** *et du* **Glaciaire** *aux environs de* **Côme.**
Lettre à M. R. Tournouër,
par M. E. **Renevier.**

Lausanne, le 20 décembre 1875.

Mon cher confrère,

Je viens m'acquitter de la promesse que je vous fis cet été au Congrès de Genève, de communiquer à la Société géologique les résultats de l'excursion projetée aux environs de Côme, pour visiter les remarquables gisements signalés récemment par le professeur Stoppani, puis par M. Desor (1).

L'un de ces gisements est situé en Italie, à 8 kilomètres au sud de Côme, c'est-à-dire dans la grande plaine lombarde; deux autres sont en Suisse, dans le canton du Tessin, à 7 kilomètres au nord-ouest de Côme, c'est-à-dire déjà dans la région alpine. Cette différence est importante à noter.

I. *Gisement de Fino.*

Ce premier gisement a été désigné successivement sous les noms de *Fino, Bernate* et *Cassina Rizzardi;* il se trouve, dans le fait, à peu près à mi-distance entre le village de Fino et le château de Cassina Rizzardi, qui fait partie de la commune de Fino. Bernate en est assez éloigné et forme une autre commune. M. le comte Porro, sur la propriété duquel est située la *gravière* en question, a eu l'obligeance de m'y conduire et de me fournir divers renseignements locaux.

Les sables et graviers exploités en cet endroit, au milieu desquels on a trouvé des coquilles marines pliocènes, font partie des terrains superficiels appelés *ceppo* par les géologues lombards. J'ai vu dans la carrière des *graviers stratifiés,* un peu irrégulièrement il est vrai, alternant avec des sables plus ou moins fins, mais en général *triés* d'après la dimension des grains. Le gravier lui-même est *lavé ;* les cailloux en sont tous *arrondis* par l'action des eaux ; quelques-uns présentent des

(1) Stoppani, *Il Mare glaciale ai piedi delle Alpi* (*Rivista Italiana,* août 1874) ; — *Sui rapporti del terreno glaciale col Pliocenico nei dintorni di Como* (*Atti Soc. Ital. di Scienze natur.,* 25 avril 1875).
Desor, *Le paysage morainique et son origine glaciaire ;* 1875.

surfaces un peu planes, mais les arêtes et les angles en sont toujours *usés et arrondis*. Beaucoup de ces cailloux sont *perforés* par des mollusques lithophages, dont les coquilles existent parfois encore dans les trous. J'ai trouvé également des perforations semblables dans les incrustations calcaires qui souvent cimentent ces cailloux en une sorte de conglomérat. Enfin j'ai recueilli de mes propres mains, en creusant dans les petites couches de sable grossier intercalées dans le gravier, quelques coquilles marines assez bien conservées. Il paraît que, suivant les places atteintes par l'excavation, elles sont beaucoup plus fréquentes; car M. Stoppani et M. Desor disent les avoir ramassées en abondance, ce qui n'a pas été mon cas. Pendant la semaine qui avait précédé ma visite, un homme de l'endroit avait été occupé à y récolter des fossiles pour le Musée de Milan et en avait rassemblé un assez bon nombre; il avait sans doute un peu épuisé le gisement. M. Porro a eu l'obligeance de me faire voir cette récolte. Les coquilles étaient absolument semblables de conservation à celles que j'avais trouvées moi-même, c'est-à-dire blanches, calcinées, assez friables, parfois avec leurs ornements assez nets, et contenant dans leur intérieur du sable absolument identique avec celui au milieu duquel elles gisaient.

L'action des eaux est donc parfaitement incontestable, et la présence de la mer ne l'est pas moins. Un remaniement me paraîtrait tout à fait inadmissible. Le ciment même du *ceppo* étant perforé par les lithophages, il faut bien que le dépôt se soit formé dans la mer où vivaient ces mollusques perforants. Les autres caractères de ce terrain sont d'ailleurs tout à fait concordants et m'obligent à le considérer comme un *dépôt littoral torrentiel*. Son analogie avec les *Alluvions anciennes* de Genève m'a frappé au premier coup d'œil. Il me fut dès l'abord évident que je n'avais point affaire à une formation glaciaire proprement dite, comme le feraient penser les écrits de MM. Stoppani et Desor, mais à des graviers stratifiés, tout à fait analogues à ceux que nous avons étudiés à la jonction du Rhône et de l'Arve, le 1er septembre dernier, avec MM. Lory, de Rouville, Cornet, Tardy et autres, et que nous avons vus alternant avec la boue glaciaire, mais toujours bien distincts de celle-ci et, d'une manière générale, lui servant de substratum.

Quant à des *cailloux striés*, je n'ai pas pu en trouver un seul exemplaire nettement marqué dans le *ceppo* de Fino. Notre confrère M. Stoppani assure en avoir ramassé un bon nombre de parfaitement striés; M. Desor confirme le fait; je me garderai bien de le nier; mais ce que je puis assurer, c'est qu'ils y sont bien exceptionnels, puisque dans cette toute petite carrière, la seule d'ailleurs qui existe dans la localité, j'ai cherché plus d'une demi-heure sans en trouver un seul,

et que mon compagnon, M. le comte Porro, qui désirait m'en montrer, n'a pas été plus heureux. Les cailloux sont évidemment d'origine alpine; j'y ai reconnu les diverses roches des bords du lac de Côme : roches cristallines, calcaires dolomitiques et calcaires liasiques. Je ne doute pas que le glacier n'ait été l'agent de leur transport, jusqu'à Côme peut-être, mais je ne trouve aucune preuve, aucun indice, que le glacier ait dépassé Camerlata, c'est-à-dire la lisière des Alpes.

En retournant à Côme, j'ai visité d'autres gravières sur la route; c'était toujours le même gravier stratifié, la même *Alluvion ancienne.* C'est ce même terrain qui forme tout le bord septentrional de la plaine lombarde jusqu'à Camerlata. Toute cette contrée est composée de petites plaines séparées par des collines ou bourrelets de gravier. M. Desor appelle cela un *paysage morainique,* et M. Stoppani déclare que toutes ces collines sont d'*anciennes moraines.* J'ai peine à l'admettre, par la raison que les sables et graviers qui les composent sont stratifiés. On a dit aussi que tout le pays était parsemé de blocs erratiques; on en a même cité d'assez gros. M. Porro m'en a montré quelques-uns de moyenne taille, les plus gros ayant été, disait-il, tous exploités; mais quelle différence avec nos blocs erratiques suisses! Les arêtes toujours fortement émoussées, point de surfaces polies et striées, partout les traces de l'usure par les eaux. Ces blocs sont, il est vrai, assez gros et assez polyédriques pour qu'on les suppose charriés longtemps par les glaciers, mais ils ne l'ont pas été jusqu'à leur station actuelle. Les eaux ont certainement concouru à leur transport, soit qu'elles aient été chargées du dernier relais, soit que ces blocs, tombés dans la mer, y aient perdu leurs arêtes vives par le ballottement des vagues.

Je dis ceci pour ne pas exclure l'idée d'un transport par les glaces flottantes, que je suis prêt à admettre dans ce cas. Il se pourrait en effet que les grands glaciers quaternaires eussent rencontré aux environs de Côme le rivage de la mer pliocène, et y eussent laissé flotter leurs *icebergs*, comme les glaciers arctiques actuels sur les mers polaires. Cela expliquerait la présence accidentelle de *cailloux striés* dans les graviers stratifiés de Fino, mêlés aux coquilles marines. Une semblable association a été signalée dès longtemps dans les *Oesars* scandinaves, auxquels on pourrait assimiler avec assez de probabilité les collines de graviers, disposées en amphithéâtre, que plusieurs ont considérées comme des moraines.

Je dois signaler cependant l'une de ces collines comme due certainement à une cause différente et antérieure. C'est celle que traverse la route de Fino entre Grandate et Camerlata. J'y ai constaté, au bord de la route, des bancs de vraie *molasse,* plongeant de 30° dans la di-

rection de Côme, c'est-à-dire au N. N. E., précisément à l'inverse des bancs de molasse et de poudingue qui forment la première petite chaîne alpine derrière Camerlata. Cette colline a donc une origine orographique et doit rester en dehors de la question.

Quant à l'arrivée des grands glaciers jusqu'à Côme, elle ne peut être mise en doute; j'ai rencontré sur la voie ferrée, derrière Borgo-Vico, faubourg de Côme, de la *boue glaciaire* parfaitement caractérisée, avec cailloux alpins *anguleux,* gisant dans une anfractuosité des bancs de molasse. C'est là du vrai Glaciaire, comme nous en voyons tous les jours en Suisse, et qui ne peut être confondu avec le *ceppo* de Fino!

II. *Gisement de Pontegana.*

Le hameau de ce nom est situé sur une éminence, à environ 1 kilomètre et demi de Chiasso, village frontière de la Suisse et station du chemin de fer du Saint-Gothard. Le gisement fossilifère se trouve immédiatement au pied de la colline, au bord de la Breggia. Il fut découvert, il y a une dizaine d'années environ, par M. Lucio Mari, actuellement bibliothécaire du Lycée cantonal à Lugano, alors qu'il était instituteur à Chiasso. Mais à cette époque personne n'y prit garde, et ce sont les derniers écrits de MM. Stoppani et Desor qui ont révélé au monde scientifique cet intéressant gisement.

Je m'y suis rendu le 20 septembre passé, sous la conduite de MM. L. Mari et D. Lucchini de Lugano, lesquels y font de fréquentes excursions et y ont déjà récolté un grand nombre de fossiles. J'ai vu là, au bord d'un canal qui longe la Breggia, une assez grande épaisseur de marnes d'un gris-verdâtre, plus ou moins micacées, bien stratifiées, sensiblement horizontales, sauf sur quelques points où elles paraissent plonger de 10 à 15° au sud. Ces marnes contiennent beaucoup de coquilles marines, avec des Oursins, des Algues et quelques débris plus rares de plantes terrestres. Le mode de conservation des coquilles est tout autre que celui des fossiles de Fino: les tests sont minces, parfois écrasés, ordinairement encore nacrés, et les ornements les plus fins admirablement conservés. C'est un dépôt littoral vaseux, parfaitement régulier, formé dans une baie tranquille. M. Stoppani déclare ce gisement tout à fait semblable à celui de la Folla d'Induno, près Varèse, connu depuis longtemps comme pliocène ancien ou plaisancien. Les fossiles que j'en ai rapportés n'ont pas encore été déterminés exactement, mais ils ont tout à fait l'aspect de la faune subapennine de Castel-Arquato, etc. M. Spreafico, dont nous déplorons la perte, les avait aussi déterminés comme pliocènes. Quelques espèces sont ci-

tées par M. Stoppani dans son premier travail (1) et par M. Desor (2).

Mais ce que j'ai vainement cherché dans ce gisement de Pontegana, ce sont les cailloux striés ! Avec l'aide de mes deux guides, j'y ai bien trouvé quelques rares cailloux, mais de petite dimension, et toujours parfaitement arrondis, sans faces planes et sans stries aucunes. Il est vrai que M. Stoppani ne les indique pas positivement à Pontegana; mais il les fait pressentir, en assimilant toujours ce gisement à celui de Balerna, où, comme je le dirai plus loin, les cailloux striés abondent. M. Desor, de son côté, parle (p. 94) de « l'époque où les cailloux striés des Alpes venaient se mêler au limon du fiord de la Breggia, » c'est-à-dire à la marne pliocène de Pontegana. Or ce mélange n'existe point ici, et l'assimilation des gisements de Balerna et de Pontegana n'est nullement justifiée. La marne marine de Pontegana me paraît être du vrai Pliocène, pur de tout mélange glaciaire.

Le substratum de cette marne n'est pas visible. Quant aux couches superposées, qu'on voit facilement dans la coupe du canal, ce sont des graviers à gros éléments, bien *arrondis,* qui succèdent brusquement à la marne marine, sans transition aucune. Une lacune stratigraphique entre ces deux dépôts me paraîtrait parfaitement admissible.

De l'autre côté de la colline, donc au sud du hameau de Pontegana, la voie ferrée passe dans une profonde tranchée, creusée tout entière dans une masse de graviers irrégulièrement stratifiés. On a trouvé dans ces graviers un crâne de *Bouquetin,* que j'ai vu entre les mains du chef de gare de Balerna, et qui avait été examiné et déterminé quelques jours auparavant par mon collègue le professeur Rutimeyer, de Bâle, très-compétent en ces matières. Il m'a paru que ces graviers devaient être la continuation de ceux qui recouvrent la marne marine au bord de la Breggia, et qui forment probablement toute la partie supérieure de la colline de Pontegana. Dans le peu de temps que j'ai pu leur consacrer, je n'ai rien vu qui me renseignât d'une manière positive sur leur âge pré- ou post-glaciaire.

III. *Gisement de Balerna.*

A quelques pas de la gare de Balerna se trouvent les *Fornaci di Balerna,* les *Fours* comme traduit M. Desor; mieux vaudrait dire les tuileries ou les briqueteries; ce sont en effet des exploitations d'argile pour la fabrication de tuiles et de briques. Quoique Balerna ne se trouve guère qu'à un kilomètre de Pontegana, les conditions stratigra-

(1) *Il Mare glaciale,* p. 22, en note.
(2) *Le paysage morainique,* p. 93.

phiques sont ici toutes différentes. L'argile exploitée est de la vraie *boue glaciaire,* remplie de cailloux à faces planes, polis et striés. On en a retiré sous mes yeux des excavations les plus profondes creusées par les ouvriers, c'est-à-dire des couches les plus inférieures visibles à Balerna. Dans ces couches profondes l'argile est plus bleue, plus plastique, et les cailloux striés plus rares, mais incontestables. A mesure qu'on s'élève, les cailloux striés augmentent et l'argile devient plus jaunâtre. A peu près au niveau de la voie ferrée, les cailloux sont si abondants qu'ils transforment l'argile en *béton* glaciaire ; puis, derrière la gare, ce béton devient insensiblement plus graveleux, les cailloux plus arrondis, les stries plus effacées, et enfin la côte qui domine la gare et supporte le village de Balerna est tout entière formée de sables et graviers plus ou moins régulièrement stratifiés, analogues à ceux de la tranchée de Pontegana, dont ils paraissent être la continuation. Les graviers de Balerna sont donc immédiatement post-glaciaires, comme ceux qui abondent sur le plateau Suisse, et en particulier autour de Lausanne.

Mais où se trouve ici le Pliocène marin ? Malgré toutes nos recherches, nous n'avons pu découvrir à Balerna la plus petite trace de coquilles marines. Les ouvriers interrogés répondirent tous négativement, à l'exception d'un seul, qui m'apporta bientôt une coquille d'Escargot et une de ces concrétions marno-calcaires si fréquentes dans la boue glaciaire. Mes deux compagnons, MM. Mari et Lucchini, n'y avaient jamais eux-mêmes trouvé de coquilles marines ; ils se référaient à celles qui devaient exister au Musée de Milan. Le chef de gare, jeune homme instruit et intelligent, qui s'était bien rendu compte de la valeur du crâne de Bouquetin, qu'il réservait pour M. Rutimeyer, ne savait rien, lui non plus, de coquilles marines trouvées aux Fornaci, à quelques pas de sa station. Je n'ai donc pu acquérir personnellement aucune notion à ce sujet, et j'en suis réduit aux renseignements fournis par M. Stoppani.

Or notre collègue affirme (1) que, dans une coupure du chemin de fer, près des Fornaci, Spreafico a recueilli lui-même un bel Oursin dans les argiles bleues inférieures, qui étaient recouvertes, en ce point, d'une petite zone sableuse et graveleuse les séparant de la base de la moraine. On ne peut révoquer en doute une pareille affirmation ; mais il paraît ressortir clairement de l'observation du regretté Spreafico, que les argiles glaciaires des Fornaci sont superposées aux marnes pliocènes et non confondues avec elles.

J'ai beaucoup regretté de ne pouvoir pousser plus loin mes investi-

(1) *Il Mare glaciale*, p. 24.

gations et visiter aussi une tranchée du chemin de fer qui se trouve au-delà dans la direction de Mendrisio. M. Stoppani nous assure (1) qu'on y trouve la même superposition, mais avec le caractère marqué d'une transition insensible. C'est là le point important; j'eusse bien voulu m'en assurer de mes propres yeux, mais l'obligation de reprendre le train, et l'impossibilité de prolonger mon voyage, fût-ce d'un seul jour, me l'interdisaient absolument.

IV. *Appréciations générales.*

Dans les pages qui précèdent, je me suis limité intentionnellement au simple exposé de mes propres observations et des renseignements de fait que j'ai pu obtenir sur les lieux. Voyons maintenant quelle est la portée de ces nouvelles découvertes sur la chronologie des dernières époques géologiques.

J'accepte de confiance, et sans hésitation, l'assimilation, admise par tous les géologues italiens, des marnes marines de la Folla d'Induno et de Pontegana avec les marnes bleues subapennines du Plaisantin, etc. Il en résulte que la mer pliocène qui couvrait la plaine du Pô a dû s'étendre jusqu'au pied des Alpes, comme on en avait depuis longtemps les preuves aux environs d'Ivrée et de Varèse (2), et même pénétrer dans leurs vallées méridionales, sous forme de golfes plus ou moins profonds, ou de *fiords,* ainsi que s'exprime M. Stoppani.

Sous ce rapport les conclusions de notre confrère me paraissent parfaitement justifiées, et, quoique Pontegana soit jusqu'ici le point le plus septentrional où nous connaissions avec certitude la faune marine pliocène, je suis tout disposé à admettre que les lacs de Côme, de Lugano et Majeur étaient primitivement des golfes de cette mer pliocène lombarde. Le relief topographique des Alpes est, dans ses principaux traits, incontestablement antérieur à l'époque pliocène, puisque les marnes marines de Pontegana sont sensiblement horizontales, tandis que les collines molassiques des environs de Côme sont en couches très-fortement déclives. Or, comme le gisement de Pontegana est à l'altitude de 300 mètres environ, tandis que le niveau du lac de Côme n'est qu'à 213, celui du lac de Lugano à 271, et celui du lac Majeur à 197, il en ressort, sinon la certitude, du moins la très-grande probabilité que la mer pliocène devait les recouvrir et s'étendre peut-être au-delà de leurs limites. Ce sera aux futurs investigateurs de cette contrée à en trouver les preuves, sous forme de fossiles marins d'âge

(1) *Op. cit.*, p. 25.
(2) *Sui rapporti*, p. 15.

plaisancien, sur les bords de ces lacs ou dans les vallées qui y débouchent.

Mais les glaciers alpins aboutissaient-ils déjà à ces fiords, comme le pense M. Stoppani? C'est ce qui ne me paraît nullement prouvé. L'absence de cailloux striés dans les marnes marines de Pontegana prouve seulement qu'à l'âge plaisancien (Pliocène inférieur) les glaciers devaient être encore fort éloignés de cette station. Je suis porté à croire qu'ils descendaient déjà dans les vallées supérieures; peut-être arrivaient-ils jusqu'à l'extrémité septentrionale des fiords? Mais nous en sommes réduits aux suppositions; de preuves nous n'en avons aucune.

Quant au gisement de Fino, ses fossiles ont été déclarés pliocènes par MM. Spreafico, Sordelli, d'Ancona et Ch. Mayer. M. Desor en donne, d'après leurs déterminations, une liste de 83 espèces, dont 22 encore actuellement vivantes (1). Cette quadruple détermination ne peut laisser aucun doute. D'autre part, comme je l'ai déjà dit, l'idée d'un remaniement m'a paru, sur place, tout à fait inadmissible. Il me semble donc que c'est bien la mer pliocène qui a déposé le *ceppo* de Fino, mais à une époque plus récente que celle où elle déposait les marnes de Pontegana. Le faciès du *ceppo* est évidemment plus littoral que celui des marnes; la mer, à ce moment, devait avoir son rivage aux environs de Camerlata; elle s'était donc considérablement retirée vers le centre du bassin; ce qui indique évidemment une sensible différence d'âge. Si les marnes de Pontegana sont, comme il me paraît, d'âge *plaisancien*, les graviers de Fino doivent appartenir plutôt à l'âge *astien* et correspondre ainsi aux *Sables jaunes*, ou *Sables d'Asti*, qui recouvrent dans la plaine du Pô les *Marnes subapennines*.

Ce gisement de fossiles marins dans les graviers du *ceppo* n'est d'ailleurs point un cas isolé. D'après M. Stoppani (2), on a retrouvé des coquilles marines dans le voisinage, à Monticello, Ronco, Bulgaro. Les frères Villa en avaient déjà, en 1844, signalé l'existence dans le *ceppo* d'Inverigo, localité passablement plus à l'est dans le centre de la Brianza (3).

Qu'en est-il de l'avancement des glaciers alpins à cette époque? MM. Stoppani et Desor pensent que le *ceppo* est un dépôt morainique, et que les glaciers ont dû rencontrer la mer pliocène pas bien loin de Fino. M. Desor va même jusqu'à dire (p. 27) qu'au moment de leur plus grande extension les glaciers devaient s'avancer jusque près de Monza, donc pas très-loin de Milan. Cela me paraît douteux. Les matériaux du *ceppo* sont bien d'origine glaciaire, mais c'est du glaciaire

(1) *Le paysage morainique*, p. 34 et 91.

(2) *Sui rapporti*, p. 8.

(3) *Id.*, p. 20, en note.

remanié et stratifié, qui doit avoir été déposé dans la mer. Comme je l'ai déjà dit, on pourrait aisément expliquer par des glaces flottantes les cailloux striés que MM. Stoppani et Desor affirment avoir trouvés dans le *ceppo* de Fino.

Il n'en résulterait pas moins que la formation du *ceppo* a dû être contemporaine des grands glaciers pendant leur phase d'empiétement, et correspondrait ainsi aux *Alluvions anciennes* de Genève et d'ailleurs ; ou, en d'autres termes, que la marche progressive des glaciers a dû commencer pendant l'époque pliocène, et que vers la fin de cette époque ils devaient avoir atteint la lisière sud des Alpes.

Si, comme le pense M. Desor, les glaciers se sont avancés encore plus au sud, jusque près de Monza, ce ne pourrait être qu'après le retrait de la mer *astienne* qui a déposé le *ceppo*. On devrait retrouver alors, superposés au *ceppo*, de la boue glaciaire avec cailloux striés abondants, comme à Balerna, et de vrais blocs erratiques bien anguleux. Or ces seuls témoins authentiques de la présence, sur place, du glacier, n'ont, à ma connaissance du moins, point encore été signalés sur la plaine au sud de Côme. Il me paraît donc plus prudent, plus conforme aux faits acquis, d'admettre la lisière sud des Alpes, passant par Camerlata, comme l'extrême limite des glaciers alpins au moment de leur extension maximum.

Si mes déductions sont légitimes, la fin de l'époque pliocène coïnciderait avec le maximum d'extension des glaciers, et l'époque plistocène ou quaternaire correspondrait à leur phase de retrait. La période glaciaire comprendrait donc simultanément l'époque pliocène (Plaisancien et Astien) comme terme ascendant ou *progressif*, et les époques quaternaire et actuelle comme terme descendant ou *régressif*. Ce qui revient à dire qu'il faut grouper ces derniers âges du globe en une grande *période moderne* ou glaciaire, et renoncer entièrement à la grande coupure traditionnelle et des plus artificielles, entre tertiaire et quaternaire.

J'ai déjà insisté sur ce point, mais par des motifs de nature plutôt paléontologique, dans le texte explicatif de mon *Tableau des terrains sédimentaires* (p. 15), mais je fus trop timide alors pour oser effectuer cette réunion comme je viens de la présenter, quoiqu'elle fût déjà dans ma pensée. Mon Tableau étant destiné surtout à l'enseignement, je ne voulais pas d'ailleurs, sans nécessité, m'écarter trop de l'usage habituel. Voici ce que j'écrivais le 6 mars 1875 à M. Stoppani, après avoir lu son premier opuscule : *Il Mare glaciale*. Ces lignes sont citées par notre collègue dans son appendice (1), mais avec plusieurs fautes

(1) *Sui rapporti*, p. 14.

d'impression, de sorte que je ne suis pas fâché de l'occasion qui se présente de rétablir le texte dans son intégrité.

« J'admets d'autant plus volontiers vos conclusions, que j'avais » beaucoup hésité, en préparant mes *Tableaux des Terrains*, si je réu- » nirais le Subapennin à la période moderne ou à la période molas- » sique : et si je me suis décidé pour la seconde alternative, ce n'était » pas conformément à mes inclinations personnelles, mais pour m'é- » carter le moins possible de l'opinion générale, n'ayant pas de preuves positives de ce qui me paraissait pourtant le plus rationnel. Si j'avais connu alors l'opinion que vous souteniez dans le second volume de votre *Corso di Geologia*, et mieux encore vos découvertes de Bernate, » je n'eusse certainement pas hésité à faire l'inverse. »

J'écrivais cela avant d'avoir visité moi-même les gisements. Maintenant que je les ai vus et, j'ose le dire, étudiés avec soin, je persévère dans le même sentiment. Quoique mes appréciations diffèrent un peu dans les détails de celles de MM. Stoppani et Desor, je n'en suis pas moins d'accord avec eux sur le fond de la question, c'est-à-dire sur la réunion proposée (non pas la confusion) du Pliocène et du Quaternaire. Si j'avais à refaire mon *Tableau de la Période moderne*, voici comment j'en concevrais actuellement le plan, pour ce qui concerne tout au moins les régions alpines (voir le tableau à la page 197).

Post-scriptum (25 janvier 1875). Ces pages étaient écrites depuis quelques jours, lorsque j'ai reçu de M. le professeur Rutimeyer un mémoire intitulé : *Ueber Pliocen und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen*. Naturellement je n'ai pas voulu vous envoyer ma lettre avant d'avoir lu ce travail, pour savoir à quelles conclusions arrivait mon collègue sur les points que j'avais traités.

Voici le résumé de ses observations : à Pontegana et à Balerna M. Rutimeyer a vu exactement comme moi. Les marnes de Pontegana sont pour lui aussi du pur Pliocène, et l'argile de Balerna du véritable Glaciaire. Seulement, plus fortuné que moi, il a pu visiter la tranchée de Saltra, au-delà de Balerna, et il en donne (p. 18) un croquis : il y a vu, à la base de la moraine, le passage insensible à des couches qui deviennent nettement stratifiées, mais il n'a pu y trouver aucun fossile marin. M. Rutimeyer dit aussi (p. 20), d'après M. Desor, qu'il doit y avoir au Musée de Milan un échantillon d'argile de Balerna *contenant simultanément un caillou strié et un Oursin ;* mais il ajoute un peu plus loin, en note (p. 21), que M. Sordelli déclare cette indication erronée, que l'Oursin et le caillou strié n'ont point été trouvés ensemble, mais sont parvenus au Musée de Milan à une année d'intervalle. Il se pourrait donc, dit-il, que l'Oursin provînt de Pontegana.

Tableau de la Période moderne ou glaciaire.

			PLAINE DE LYON.	PLATEAU SUISSE.	ALPES.	TESSIN – SUD.	PLAINE LOMBARDE.
PÉRIODE GLACIAIRE.	QUATERNAIRE.	Holocène ou *Contemporain.*	Alluvions du Rhône, etc.	Alluvions des lacs et rivières.	Glaciers actuels. —	Alluvions de la Breggia, etc.	Alluvions récentes du Pô.
		Plistocène ou *Diluvien.*	Lehm de Lyon à *Elephas primigenius.*	Terrasses diluviennes de graviers stratifiés à *Elephas primigenius.*	Phase de retraite des Glaciers. —	Graviers stratifiés de Balerna et Pontegana, avec Bouquetin.	Sables et graviers à *Elephas primigenius.*
			Erratique.	Erratique alpin.	Maximum d'extension. —	Boue glaciaire de Balerna, de Côme etc.	
	PLIOCÈNE.	supérieur ou *Astien.*	Alluvions anciennes. Sables à *Mastodon Arvernensis.*	Alluvions anciennes de Genève, etc.	Phase d'empiétement des Glaciers alpins. —	Mince zone graveleuse à Balerna.	*Ceppo* de Fino à coquilles marines. — Sables d'Asti à *Mastodon Arvernensis.*
		inférieur ou *Plaisancien.*	Tufs de Meximieux et Lignites à *Sus histeryx.*	?		Marnes marines de Pontegana, de la Folla d'Induno, etc.	Marnes bleues subapennines du Plaisantin, etc.
Période molassique.			Miocène.	Molasse.	—	Molasse.	Miocène.

Quant au gisement de Fino, M. Rutimeyer n'a pu l'examiner, mais il a visité celui de Ronco, où il a trouvé en effet des coquilles marines, mais pas trace de cailloux striés. En revanche, M. Rosales lui a montré, en sa demeure de Bernate, des cailloux striés du *ceppo,* dont quelques-uns étaient perforés par des mollusques lithophages. M. Rutimeyer constate que ces perforations sont dues à des Lithodomes et non à des Pholades.

Mon collègue n'est pas disposé à admettre la contemporanéité des coquilles marines avec le glacier. Il les considère plutôt comme remaniées sur place. M. Rutimeyer cite une étude très-complète de ces fossiles, faite récemment par M. F. Sordelli de Milan (1), lequel a constaté, dans les trois gisements de Fino, Ronco et Bulgaro, un nombre total de 98 espèces, dont 47 vivent encore dans la Mer Méditerranée, 2 dans les mers tropicales, et 48 sont éteintes. C'est donc une proportion d'espèces actuelles sensiblement plus forte que celle indiquée par les listes précédentes, et qui correspond mieux encore au Pliocène supérieur.

Les arguments qu'avance mon collègue en faveur d'un remaniement des coquilles ne me paraissent nullement concluants, tandis que sa constatation chez M. Rosales de *cailloux striés perforés* par des Lithodomes, aussi bien que le fait, que j'ai observé, de la *perforation* semblable *du ciment du ceppo,* me paraissent prouver d'une manière incontestable que le dépôt de ces graviers s'est opéré dans la mer.

M. Sordelli, paraît-il, considère plutôt comme remaniés les matériaux glaciaires du *ceppo,* et constate que les cailloux striés y sont fort rares. Cela concorde bien avec mes propres observations, et rend toujours plus probable l'assimilation que j'ai hasardée avec les *oesars* de la Scandinavie, résultat de l'accumulation par les glaces flottantes.

Une circonstance beaucoup plus générale me confirme dans cette idée que la phase progressive des glaciers doit être contemporaine de l'époque pliocène; c'est la très-grande rareté, dans tout le Centre et tout le Nord de l'Europe, des gisements de fossiles pliocènes, et spécialement des faunes pliocènes terrestres, qu'on devrait s'attendre à y trouver en plus grande abondance. La raison n'en serait-elle pas précisément dans l'empiétement des glaciers qui a dû naturellement commencer à se produire dès que les Alpes furent soulevées à peu près à leur niveau actuel, c'est-à-dire immédiatement après la période molassique? La calotte de glace qui, en raison même de l'humidité atmosphérique provenant de l'émersion récente, a dû assez rapidement recouvrir le Centre et le Nord de l'Europe, en aurait éliminé, pour ainsi dire, toute vie organique, à l'exception de celle qui a pu se développer

(1) *Fauna marina di Cassina Rizzardi. Atti Soc. Ital. Sc. nat.*, 1875.

plus tard dans l'intervalle des oscillations glaciaires ; comme, par exemple, la faune et la flore des *lignites feuilletés interglaciaires* du canton de Zurich, dans lesquels M. Rutimeyer vient de découvrir des *vestiges d'industrie humaine* (1).

Je reviens ainsi à l'ancienne manière de voir d'Élie de Beaumont, qui considérait les *Alluvions anciennes* comme pliocènes. Ce n'est donc point une idée nouvelle, mais un hommage rendu par de récentes découvertes à la sagacité de l'illustre géologue auquel la France scientifique se propose d'ériger un monument.

La vérité sur la **Mer Glaciale au pied des Alpes**, par M. Charles **Mayer**.

Sous le titre que je viens de citer, notre confrère M. le professeur Stoppani a publié, l'année dernière, un mémoire de 54 pages in-8°(2), ayant pour but de démontrer, à la faveur de deux faits nouveaux observés aux environs de Côme, que les glaciers descendaient jusqu'à la plaine lombarde à l'époque pliocène supérieure, et jusqu'à Balerna, au nord-ouest de Côme, à l'époque pliocène inférieure, et qu'ainsi ils venaient fondre dans la mer nord-italienne de ces époques reculées.

Des faits aussi étranges et importants que ceux qui étaient ainsi dévoilés, et les conclusions que le savant milanais en tirait pour détruire en partie la classification généralement acceptée des terrains tertiaires les plus récents, ne pouvaient manquer de jeter l'éveil parmi les géologues et, en première ligne, parmi ceux qui s'occupent plus spécialement des terrains tertiaires et des glaciers anciens et modernes. Aussi, les localités de Balerna et de Fino, mises en relief par M. Stoppani, sont-elles, depuis lors, devenues un lieu de pélerinage pour les géologues subalpins, et déjà l'un de nous, M. le professeur Desor, a soumis les nouvelles conclusions au public instruit d'Allemagne et de France (3), en les appuyant malheureusement de l'autorité de son opinion.

En allant, cet automne, continuer dans les Apennins les recherches géologiques que j'y ai entreprises, j'ai profité de l'occasion pour voir, à mon tour, les localités célébrées et y étudier les données dont il était

(1) *Archiv für Anthropologie*, t. VIII, 2e cahier ; 1875.

(2) *Il Mare glaciale ai piedi delle Alpi*, par Ant. Stoppani (extrait de la *Rivista Italiana*) ; Milan, 1874.

(3) Voyez le journal hebdomadaire *Die Alpenpost*, Zurich, mai 1875, et *Le paysage morainique*, par E. Desor, Neuchâtel, 1875.

fait tant de bruit. Or, si déjà ce que je savais des terrains pliocènes de la Haute-Italie me permettait de juger d'avance (1) que la nouvelle théorie de M. Stoppani devait reposer sur quelque erreur d'observation, mes études sur les lieux m'autorisent aujourd'hui à annoncer formellement à la Société géologique, que notre confrère de Milan s'est singulièrement laissé tromper par des argiles de couleur assez semblable, mais de faciès extrêmement différent, par des voisinages qui sont loin d'être immédiats, et par un remaniement sensiblement différent des dépôts primitifs.

Toute la théorie de M. Stoppani repose sur les deux faits prétendus par lui, qu'à Balerna des marnes bleues *pliocènes, à fossiles marins,* contiendraient, en même temps, des cailloux striés et des blocs anguleux, d'origine évidemment glaciaire, et qu'à Bernate (c'est-à-dire à Fino, car le gisement est situé dans la propriété de MM. les marquis et comte Porro, au milieu de cette dernière commune) une faune marine pliocène se trouverait en place dans des sables et cailloutis appartenant à une véritable moraine, et que cette faune *aurait vécu pendant la formation et non loin de celle-ci.* Or, j'oppose le démenti le plus formel à ces deux assertions, et je prétends que, d'une part, les argiles de toutes les tuileries sous Balerna sont *d'eau douce,* qu'elles ne contiennent aucun fossile, pas même remanié, *qu'elles appartiennent à l'époque quaternaire* et sont de l'âge des couches de Zurich, et que, d'autre part, le dépôt de Fino est, lui aussi, *un dépôt d'eau douce* et bien certainement de l'époque des grands glaciers ou des couches de Zurich, que la faune pliocène qu'il renferme est *remaniée,* qu'elle est *mélangée d'espèces pliocènes inférieures arrachées aux marnes bleues des environs de Côme,* et *d'espèces pliocènes supérieures prises, avec une partie des gros cailloux roulés, à un gisement primordial de sables jaunes, dans la contrée de Fino même,* et que le tout, mélangé avec des galets d'abord striés dans un glacier, puis roulés par un courant, a été déposé à l'endroit où il se trouve, à un moment donné de la débâcle des grands glaciers, c'est-à-dire à une époque où, depuis cent ou cent cinquante siècles, la mer pliocène avait quitté le Piémont et la Lombardie. Je vais donner les preuves de ce que j'avance.

I. *Introduction stratigraphique.*

La théorie pliocéno-glaciaire de M. Stoppani, vieille déjà de deux ou trois ans, et les nouvelles erreurs d'appréciation et de conclusion

(1) *Das Alter der Au-Nagelfluh (De l'âge du Nagelfluh de l'Au, près de Zurich),* par le professeur Charles Mayer *(Vierteljahrschrift der Naturforsch. Gesell. in Zürich,* séance du 2 août 1875).

qui en ont été la conséquence, ayant leur source principale dans le fait que la connaissance des étages tertiaires supérieurs, quoique très-avancée quant à leur paléontologie, est encore assez en arrière en ce qui concerne leur composition stratigraphique, et, d'un autre côté, le fond du débat roulant justement sur ces distinctions stratigraphiques, il me paraît utile, avant d'aborder l'explication naturelle des deux faits dont il s'agit ici plus particulièrement, de donner un aperçu des niveaux généraux ou couches dont se composent les deux derniers étages tertiaires, en reconstruisant ces niveaux à l'aide des faits de superposition les mieux connus ou les plus évidents. Voici donc, tout d'abord, cette répétition de chronologie suprà-néogénique.

L'étage pliocène ou astien se subdivise, dans le Midi de l'Europe comme dans le Nord, en deux sous-étages, qui se distinguent l'un de l'autre, non-seulement par la nature de la roche et la composition de la faune, mais souvent même par une distribution géographique assez différente.

Le sous-étage inférieur (Astien I ou couches de Tabbiano) est, dans le Midi, constamment constitué par des marnes argileuses, de couleur bleu-cendré, dans lesquelles sont quelquefois intercalés des bancs, presque toujours très-minces, de sable argileux de la même couleur ou un peu plus foncés. Ces marnes pliocènes inférieures sont caractérisées, tout comme les marnes bleues miocènes supérieures ou tortoniennes, par une faune essentiellement composée de Gastéropodes et dans laquelle dominent les individus de nombreuses espèces du genre *Pleurotoma*. En outre de ce cachet, l'Astien I du Midi possède encore un grand nombre d'espèces caractéristiques, soit d'une manière absolue, soit par leur abondance en opposition à leur rareté dans le sous-étage supérieur. Ces espèces, singulièrement constantes sur tout le pourtour du bassin, sont principalement :

Ostrea cochlear, Poli, var. *navicularis*,
Spondylus concentricus. Bronn,
Pecten duodecim-lamellatus, Bronn,
— *spinulosus*, Goldf.,
Trigonocœlia aurita, Brocc. *(Arca)*,
— *Bronni*, May.,
— *condita*, May.,
— *Semperi*, May.,
Leda concava, Bronn *(Nucula)*,
Pecchiolia argentea, Brocc.,
Lucina Bronni, May.,
Cardium cyprium, Brocc. *(Venus)*,
Dentalium inæquale, Bronn,
— *tetragonum*, Brocc.,
— *triquetrum*, Brocc.,
Turritella subangulata, Brocc. *(Turbo)*,
Scalaria lamellosa, Brocc. *(Turbo)*,
— *retusa*, Brocc. *(Turbo)*,
Mathilda quadricarina, Brocc.,
— *Brocchii*, Semp.,
Solarium millegranum, Lam.,
— *moniliferum*, Bronn,
Discohelix Zancleensis, Phil.,
Turbo fimbriatus, Bors.,
Trochus Paulucciæ, May.,
Xenophora testigera, Bronn *(Trochus)*,
Natica Dillwyni, Payr.,
Cancellaria Bonellii, Bell.,
— *costellifera*, Sow.,
— *mitriformis*, Brocc. *(Voluta)*,

Cancellaria serrata, Bronn,
— *spinulosa*, Brocc. (*Voluta*),
Fusus crispus, Bors.,
Triton Apenninicum, Sassi,
Murex Constantiæ, Anc.,
— *Jani*, Doderl.,
— *rotifer*, Bronn,
— *spinicosta*, Bronn,
Anura inflata, Brocc. (*Murex*),
Pleurotoma bracteata, Brocc. (*Murex*),
Pleurotoma crispata, Jan,
— *modiola*, Jan,
— *rotata*. Brocc. (*Murex*),
— *Serventii*, May.,
— *sigmoïdea*. Bronn,
Ficula undata, Bronn (*Pirula*),
Buccinum Emilianum, May.,
— *Italicum*, May.,
— *polygonum*, Brocc.,
Marginella auris-leporis, Brocc. (*Voluta*).

Les marnes ainsi caractérisées forment partout, en Italie, la masse de l'étage pliocène. Dans le Montferrat, dans l'Émilie, en Toscane et dans le Sud de la Basilicate, elles ont toujours plus de cent mètres d'épaisseur, et elles atteignent à Bacedasco, près de Plaisance, au moins 300 mètres, pour les dépasser de beaucoup, d'après M. Stoppani, sur un point que je ne connais pas (1). Le long des Alpes au contraire, à Cossato, Borgomanero, Varèse et Pontegana, de même que sur la côte de la Méditerranée, à Gênes, Savone, Vintimille, Villefranche et Biot, leur puissance est comparativement faible et ne dépasse pas quinze mètres. Partout, néanmoins, elles sont typiques, comme roche et pour la faune, et tout le monde est d'accord pour leur assigner le niveau pliocène inférieur.

Dans le Nord de l'Europe, l'Astien inférieur est certainement représenté (2) par le dépôt récemment découvert de sables argileux noirâtres de Langenfelde, près de Dantzig, sables dont la faune extrêmement riche en individus a été étudiée par MM. O. Semper et Wiechmann. La liste ci-dessous, établie d'après la série d'espèces de Langenfelde que m'a envoyée M. Wiechmann, ne laisse en effet aucun doute sur l'âge de ces sables, surtout si l'on remarque le grand nombre d'espèces propres à l'Astien inférieur, ou tout au moins l'abondance en individus de celles qui le caractérisent par leur profusion :

Pecten septem-radiatus, Müll.,
Trigonocœlia aurita, Brocc. (*Arca*),
Astarte radiata, Nyst,
— *vicina*, Semp.,
Isocardia cor, Lam.,
Dentalium floridum, Phil.,
Turritella du groupe du *T. communis*,
— *subangulata*, Brocc.,
Natica Dillwyni, Payr.,
— du groupe du *N. helicina*.
Cancellaria lyrata, Brocc. (*Voluta*),
Fusus crispus, Bors.,

(1) J'ignore en effet où M. Stoppani a pu prendre les mille mètres qu'il donne à l'Astien inférieur (p. 9).

(2) Pour des raisons toutes de paléontologie, je considère, jusqu'à nouvel ordre, le Crag corallin d'Angleterre et le Crag noir d'Anvers comme mio-pliocènes ou messiniens.

Fusus distinctus, Beyr.,
— *eximius*, Beyr.,
— *Meyni*, Semp.,
— *semiglaber*, Beyr.,
Pleurotoma cataphracta, Brocc. *(Voluta)*,
— *intorta*, Brocc. *(Voluta)*,
— *modiola*, Jan,
Pleurotoma rotata, Brocc. *(Voluta)*,
Conus antediluvianus, Brug.,
Chenopus Uttingeri, Risso *(Rostellaria)*,
Cassidaria echinophora, Lam.,
Cassis saburon, Lin. *(Buccinum)*,
Voluta Bolli, Koch.

Il est donc bien établi que sur la côte germanique de l'ancienne Mer du Nord, l'Astien inférieur existe avec un faciès paléontologique très-facilement reconnaissable et suffisamment distinct de celui du Crag corallin et du Crag rouge de la côte anglaise.

Passons maintenant à l'Astien supérieur.

Le second sous-étage pliocène est, comme on sait, principalement constitué, dans le Midi, par des sables généralement jaunes, dont la faune se distingue, pour qui l'a vue en place, par le grand nombre d'espèces et d'individus de coquilles bivalves qui la composent, espèces dont les trois quarts peut-être manquent plus ou moins complétement dans le Pliocène inférieur, tandis que, au contraire, près de la moitié des Gastéropodes de ce dernier terrain font défaut dans la nouvelle faune.

En général, et si l'on prend ce second sous-étage sur certains points, tels qu'à Biot près d'Antibes, à Cassano près de Novi, à Massérano près de Bielle, ou même dans l'Astésan et le Haut-Montferrat, il semble que ses sables recouvrent d'une manière assez brusque les marnes pliocènes inférieures, et, dès lors, on le considérerait volontiers, à son tour, comme un tout indivisible. Si cependant l'on étudie un plus grand nombre de localités, et que l'on visite enfin celles du Plaisantin qui ont rendu les faunes pliocènes si célèbres, l'on s'apercevra que tout le sous-étage pliocène supérieur n'est pas formé uniquement par des sables, mais qu'il commence souvent par des assises marneuses, de couleur bleue, à peine distinctes des marnes bleues sous-jacentes par leur nature un peu moins argileuse, mais très-différentes en dernier chef par leur faune, à laquelle manque tout à coup la moitié des espèces de Gastéropodes des marnes bleues, et où surgissent, en même temps, en abondance, la plupart des bivalves des sables supérieurs. La présence de ces assises intermédiaires sur des points très-éloignés, tels que les environs de Perpignan, Auletta et Picerno près de Potenza, les environs de Sienne, de Sassuolo et de Bologne, et leur puissance assez considérable dans le Plaisantin (environ 30 mètres à Lugagnano) conseillent au géologue de tenir compte d'elles dans le cadre stratigraphique; je les ai donc naguère séparées sous le nom de *couches de Lugagnano* ou *Astien moyen*, et, tout en leur refusant aujourd'hui,

surtout au point de vue paléontologique, la valeur d'un sous-étage, je les distingue dans mes collections par le terme plus exact d'*Astien* II *a*, qui signifie Pliocène supérieur, partie inférieure.

Les espèces de coquilles communes dans ces marnes bleues sont si abondantes que la liste en serait interminable. Je répète donc seulement que ce sont, en général, les mêmes que dans les sables jaunes, à l'exception, principalement, des formes suivantes, qui manquent ou sont fort rares dans ceux-ci :

Pecten cristatus, Bronn,
Pectunculus inflatus, Brocc. *(Arca)*,
Nucula Placentina, Lam.,
Cardita elongata, Bronn,
Venus Brocchii, Desh.,
— *Brongniarti*, Bronn,
— *multilamella*, Lam. *(Cytherea)*,
Tapes Brocchii, May.,
— *Bronni*, May.,
Lutaria latissima, Desh.,
Gadus coarctatus, Lam. *(Dentalium)*,
Dentalium fossile, Lin.,
— *Jani*, Hœrn.,
Turritella tornata, Brocc. *(Turbo)*,
— *subangulata*, Brocc. *(Turbo)*,
Scalaria lanceolata, Brocc. *(Turbo)*,
Solarium simplex, Bronn,
Xenophora crispa, Kœn. *(Trochus)*,
Natica helicina, Brocc. *(Nerita)*,
— *Guillemini*, Payr.,
— *neglecta*, May.,
Cancellaria lyrata, Brocc. *(Voluta)*,
— *mitriformis*, Brocc. *(Voluta)*,
Murex funiculosus, Bors.,
Tiphys fistulosus, Brocc. *(Murex)*,
Fusus mitriformis, Brocc. *(Murex)*,
Pleurotoma dimidiata, Brocc. *(Murex)*,
— *intermedia*, Bronn,
— *monilis*, Brocc. *(Murex)*,
— *oblonga*, Brocc. *(Murex)*,
Conus antediluvianus, Brug.,
Chenopus Uttingeri, Risso *(Rostellaria)*,
Halia Priamus, Meusch *(Helix)*,
Cassidaria echinophora, Lin. *(Buccinum)*,
Columbella nassoïdes, Grat.,
— *subulata*, Brocc. *(Murex)*.

Les marnes à *Turritella tornata* manquent complétement sur les côtes provençale, niçoise et ligurienne, de même que le long des Alpes, aux environs de Bielle, de Borgomanero, de Varèse et de Côme. Même dans l'Astésan, elles font défaut sur les bords du bassin (Chieri, Castelnuovo, Cassine, au sud d'Alexandrie) et sont réduites, dans son milieu, à quelques mètres, qui forment la base des sables jaunes. Quant à ceux-ci, ils n'existent, je crois, sur la côte nord-méditerranéenne qu'à Banyuls-lès-Aspres, à Biot et à Nice, et le long des Alpes qu'à Massérano, à Borgomanero et, à l'état remanié ou recouvert par le Quaternaire, au sud de Varèse et de Côme. Dans l'Astésan et même dans le Plaisantin, ils ne sont nulle part fort puissants, et je ne leur donne qu'une trentaine de mètres au maximum (Monte Zago près de Plaisance).

Si, comme tout porte à le croire, les marnes bleues à *Buccinum limatum* du Bosc-d'Aubigny (Manche) sont pliocènes inférieures, le second sous-étage astien formera dans le Nord un tout indivisible,

constitué par le Crag rouge de Norfolk et d'Anvers, et montrant ainsi l'extension qu'avait la Mer du Nord à ce moment de l'âge pliocène. Malgré l'importance du fait pour la synchronisation des dépôts qui leur succèdent, je n'insiste pas sur l'égalité d'âge du Red Crag et des sables de l'Astésan; le synchronisme des deux dépôts est en effet évident et depuis longtemps établi, et personne, je pense, ne songera à le nier, pour éviter les conséquences qui en découlent.

La constitution de l'étage astien dans les deux bassins pliocènes de l'Europe étant ainsi bien fixée, voyons maintenant quelle doit être celle de l'étage quaternaire ou saharien, qui lui succède, et, en premier lieu, quels sont les dépôts principaux qui, dans le Nord comme dans le Sud, forment la base de ce nouvel étage.

Grâce aux ouvrages de Lyell, il est depuis longtemps établi qu'au Crag rouge de Norfolk succède, en Angleterre, un nouveau dépôt marin, le Crag à Mammifères ou de Norwich, caractérisé, en outre des ossements de Pachydermes qui y abondent en certains lieux, par une faune presque complétement récente et septentrionale; et qu'à Cromer ce troisième Crag fait (latéralement) place à des assises d'eau douce, renfermant la célèbre *forêt fossile* et, avec elle, une très-grande quantité d'ossements de Pachydermes, parmi lesquels dominent ceux de l'*Elephas meridionalis*, du *Rhinoceros leptorhinus* et de l'*Hippopotamus major*. Or, si Lyell, désireux d'élargir le cadre insuffisant de sa trilogie tertiaire et oublieux des bases paléontologiques sur lesquelles elle était fondée, a laissé ces dépôts dans son groupe pliocène, il a au moins eu soin de les distinguer, sous le nom de Pleistocène, comme sous-groupe à part, en y réunissant même jusqu'aux graviers diluviens et au glaciaire des contrées subalpines (*Manuel de Géologie*, édition française, 1863, p. 186). Dans sa pensée donc, comme en fait, ces assises à *Elephas meridionalis* de l'Est de l'Angleterre ne sont pas le vrai Pliocène, mais quelque chose de plus récent; et cette chose, la grande majorité des géologues est aujourd'hui d'accord pour la classer, comme assise première, dans l'étage quaternaire ou saharien, caractérisé, d'un côté, par des faunes marines d'espèces à peu près toutes récentes, et, de l'autre, par des faunes de Mammifères riches surtout en Éléphants et autres Pachydermes d'espèces qui ne vivent plus aujourd'hui. Cela étant, il s'en suit que tous ces dépôts d'eau douce du continent qui, soit par leur faune, soit aussi par leurs relations stratigraphiques, viennent se placer exactement sur le même niveau que ce Quaternaire inférieur anglais, les sables de Saint-Prest près de Chartres, le Pliocène d'eau douce du Piémont, les lignites de Leffé près de Bergame et le Sansino du Val d'Arno, doivent, eux aussi, être retirés de l'étage astien, pour venir former le premier sous-étage du Saharien.

Quant aux sables de Saint-Prest, s'ils sont indépendants sous le rapport stratigraphique, leur faune de Mammifères (*Elephas meridionalis* abondant, *Rhinoceros leptorhinus, Hippopotamus major, Cervus pectinatus?,* etc.) les identifie si complétement avec les couches inférieures de Cromer, et leur puissance est relativement si faible, qu'il ne peut exister de doutes sur leur âge exact (1). De même, les lignites de Leffé, qui eux aussi renferment les trois espèces de Pachydermes citées plus haut, ne sont-ils pas, par cela même, tout naturellement postérieurs aux sables marins pliocènes, et du même âge que le Crag supérieur? Voyons à présent comment se comporte le *Pliocène d'eau douce* du Piémont vis-à-vis de nos deux étages astien et saharien.

Le Pliocène supérieur (Astien II *b*) de l'Astésan est, comme on sait, tout marin, et il n'y existe nulle part une couche à faune d'eau saumâtre ou fluviatile, formant le passage latéral à un dépôt d'eau douce intercalé. Ce n'est, comme le prouve la continuation des sables jaunes dans la vallée de la Stura jusque vers le Pô supérieur, qu'après le retrait assez brusque de la mer qui déposa ces sables, que se formèrent, aux extrémités ouest et est de l'Astésan, deux bassins d'eau douce, dépendant du Pô supérieur et du Tanaro inférieur. Les sédiments de ces lacs ou marécages, appelés d'ordinaire le Pliocène d'eau douce par les géologues piémontais, — sédiments constitués par des alternances de marnes sableuses et de graviers ferrugineux ou de sables multicolores, et caractérisés, eux aussi, par les ossements d'*Elephas meridionalis,* de *Rhinoceros leptorhinus* et d'*Hippopotamus major* qu'ils renferment, — ne sont dès lors nullement parallèles aux sables jaunes marins, dont les trois quarts des limites étaient bien autrement solides, mais ils leur sont, tout au contraire, nettement superposés, là où leur ligne de contact est visible, comme je m'en suis assuré moi-même dans le Haut-Astésan, entre Chieri et Buttigliera, et dans la vallée du Tanaro, aux environs de Cherasco. De ces faits, précisés depuis longtemps par M. Gastaldi (2), il résulte encore une fois que ce n'est que par un abus de langage que l'on s'obstine à nommer pliocènes ces dépôts d'eau douce subastésans, et que c'est sur l'horizon exact et unique des couches inférieures de Cromer qu'ils doivent être placés, puisqu'ils ont la même position stratigraphique et la même faune que ces couches (3).

(1) Voyez *L'Homme fossile en France,* p. 94.

(2) *Cenni sui Vertebrati fossili del Piemonte (Mem. Accad. Torino,* t. IX, p. 45).

(3) Qu'il y ait eu quelque part, à l'ouest de l'Astésan, une ou plusieurs embouchures de rivière dans la mer pliocène supérieure, pour les eaux qui y descendaient des montagnes cunéennes et saluzziennes, cela est nécessaire; et que les *Mastodon Arvernensis* aient vécu près de ces embouchures, cela est tout naturel; mais ce qui

Reste le Sansino de Toscane, célèbre, entre tous les dépôts du même âge, par sa richesse en ossements, mais peu vanté des stratigraphes à cause de ses caractères mal définis. Est-il vrai, cette fois, que, par une exception singulière, la faune de Vertébrés de ce Sansino serait associée à des coquilles et à des plantes d'espèces éteintes, et appartiendrait ainsi au véritable Pliocène ou Astien supérieur ? Eh bien, non ! Il n'en est rien. C'est ce que l'étude stratigraphique des principales localités du Val d'Arno vient de me démontrer cette année, et c'est ce que je vais prouver ici, en m'aidant des faits mêmes relevés par les auteurs.

Le bassin d'eau douce tertiaire supérieur du Val d'Arno, entre Florence et Arezzo, s'est formé, comme on sait, au milieu de roches beaucoup plus anciennes, dans le courant de l'époque mio-pliocène ou messinienne, loin de la mer d'alors et dans un cirque de montagnes déjà arrondies et élevées. Ce bassin, long d'une quarantaine de kilomètres et large de huit à dix, était complétement clos vers le nord, du côté de Florence, et la rivière qui en sortait s'écoula de tout temps vers le sud-est, du côté du lac de Trasimène, jusqu'à l'époque relativement récente de la retraite des grands glaciers (1).

Les premiers dépôts de ce bassin d'eau douce, consistant en des argiles bleuâtres, plus ou moins micacées, détritus du Macigno des environs, occupent le bas de la vallée actuelle, de Rignano jusque vers Figline, et s'y développent sur à peu près quarante mètres de hauteur. Ils sont, sur cette ligne, caractérisés par le *Mastodon longirostris* (plutôt que le *M. angustidens*), qu'on y a trouvé en plusieurs endroits, notamment à Figline, et par la flore dite *des argiles brûlées*, identique à peu près à celle d'Œningen. A moins donc que la Paléontologie ne nous trompe, ces argiles appartiennent indubitablement à l'étage messinien et vraisemblablement au Messinien supérieur (2).

n'est pas possible, c'est qu'il y ait eu dans cette région un lac ou marécage d'eau douce, entre le pied des Alpes et la mer pliocène supérieure ; car enfin, à ces deux bassins il aurait sans doute fallu une digue de séparation, et la plaine du Pô supérieur n'offre aucune trace de cette digue imaginaire. L'idée que le *Pleistocène* d'eau douce du Piémont pourrait être en partie synchronique des sables marins est donc complétement inadmissible.

(1) Cocchi, *L'Uomo fossile nell' Italia centrale*, p. 10 ; 1867.

(2) Gaudin et Strozzi, *Contrib. à la Flore foss. Ital.*, t. II, p. 20, 25, etc. ; 1859. — Par sa position, le bassin d'Œningen vient se placer bien haut dans la Molasse supérieure, sinon même tout-à-fait au niveau d'Eppelsheim. Les argiles inférieures du val d'Arno, de leur côté, sont bien peu puissantes pour correspondre à la fois au Messinien moyen et supérieur, épais souvent de plus de cinq cents mètres en Suisse et en Piémont.

A ces argiles mio-pliocènes succèdent, sans limites marquées, mais en se développant vers l'est, des marnes de plus en plus sableuses et blanchâtres, entrecoupées de zones bleues, puissantes de cinquante à soixante mètres entre Figline et Pozzi, puis diminuant à leur tour vers le haut de la vallée, pour se perdre aux environs de Laterina sous les sables plus récents. C'est dans ces marnes sableuses qu'ont été recueillis, aux environs de Figline, quelques ossements du *Mastodon Arvernensis*, et c'est à ce même niveau que se trouvent les lignites de Pozzi et les plantes peu nombreuses des environs de San-Giovanni (Ravins dei Frati et de Monte-Carlo). Or, cette nouvelle série, la plus mal caractérisée de toutes, n'en correspond pas moins nécessairement aux parties inférieure et moyenne de l'étage astien, puisqu'elle est surmontée, comme nous allons le voir, par de nouvelles couches, pliocènes elles aussi. Notons en passant, que cette partie supérieure des marnes bleues n'a encore offert aucun ossement de provenance certaine, de la faune qui nous intéresse particulièrement (1).

Au-dessus de ces marnes blanchâtres, et alternant d'abord avec elles, commence, à San-Giovanni (Monte dei Frati, Monte-Carlo), une série d'environ vingt mètres de sables jaunes, plus ou moins argileux et ferrugineux, renfermant quelques minces bancs ou parties d'argile bleuâtre, avec traces de plantes, et, dans sa partie moyenne, une faunule, extrêmement riche en individus, de coquilles d'eau douce, toutes d'espèces éteintes et, sauf une qui est mio-pliocène (*Unio atavus*, Partsch), propres au niveau qui les contient (2). La position de ces sables jaunes, leur faunule d'espèces éteintes et leurs relations avec le dépôt certainement pliocène du Val di Magra prouvent qu'ils dépendent eux aussi de l'étage astien, et dès lors nous pouvons en toute sécurité les placer au niveau des sables marins pliocènes supérieurs, dont ils ont justement la couleur et la nature.

Ces premiers sables jaunes du Val d'Arno, authentiques et caractérisés par des coquilles, paraissent être beaucoup moins étendus que les autres assises. Ils forment une ellipse plus ou moins large autour de la vallée centrale, entre Incisa et Terranuova, pour se perdre à leur tour sous le Sansino ou, tout au moins, pour s'identifier avec lui, par leur nature et leur manque de coquilles et de plantes pliocènes, au-delà de Terranuova et de Monte-Varchi. A ma connaissance, l'on n'a encore trouvé aucun vestige de la faune à *Elephas meridionalis* dans ces sables pliocènes, soit au-dessous, soit au niveau des coquilles d'eau douce. Quant aux ossements qui ont pu être extraits de la partie

(1) Cocchi, *op. cit.*, p. 11 et 12.
(2) *Op. cit.*, p. 26.

supérieure, il me semble qu'ils peuvent fort bien provenir d'individus ayant vécu à l'époque du Sansino et qui seraient venus s'embourber et se noyer dans la vase pliocène du fond du marécage quaternaire, ou bien dont les ossements, entraînés par quelque courant dans ce marécage, se seraient, par l'effet seul de leur poids, enfoncés de quelques mètres dans cette vase à demi liquide. Il est donc encore permis de douter que l'*Elephas meridionalis* et les espèces caractéristiques qui l'accompagnent aient existé en Toscane dès l'époque pliocène supérieure, quoique, au fond, l'exception pour une ou deux espèces encore rares n'eût rien que de naturel, et que le fait, s'il était avéré, ne changeât absolument rien à l'ordre chronologique des dépôts astiens et sahariens.

Nous voici arrivés au Sansino. La roche typique ainsi nommée est un *conglomérat* à éléments assez menus, formé de *rognons et de concrétions d'argile*, de *petites concrétions ferrugineuses*, de *petits cailloux anguleux* de macigno et d'autres roches, et de fragments plus ou moins abondants d'os de Mammifères, le tout *traversé de veines et de parties de sable gris ou jaunâtre, très-micacé*, plus ou moins fin ou grossier, ou remplacé par une argile ferrugineuse qui rend la roche brune, compacte et pesante. Or le premier banc authentique de cette roche (nº II de la coupe de M. Cocchi, *op. cit.*, p. 12) est placé, à San-Giovanni comme ailleurs, à plusieurs mètres au-dessus des lits de coquilles ; il forme ainsi une excellente ligne de démarcation d'avec les sables pliocènes et constitue sans contredit quelque chose de nouveau et de tout différent (1).

A ce premier banc de Sansino, épais de 1 mètre 10 à 1 mètre 45, suivant les localités, succède une puissante alternance de sables, graviers et argiles multicolores : bruns, rougeâtres, jaunes, blancs, gris ou bleuâtres, presque toujours riches en mica, souvent à lits ou agglomérations de galets, et tantôt de nature sableuse, tantôt à constitution argileuse prédominante. C'est là la série du Sansino proprement dit, série puissante entre toutes, puisqu'elle atteint une centaine de mètres dans les vallées du Bicchieraja, de la Madonna et de Terranuova, mais souvent facile à confondre avec les sables pliocènes de dessous, là où elle est elle-même formée en majeure

(1) Non-seulement les paysans du Val d'Arno, à qui la chose est pardonnable, mais même les savants du pays confondent avec le Sansino des bancs de sables ou graviers agglomérés par de l'oxyde de fer hydraté, comme il s'en trouve plusieurs dans les sables jaunes pliocènes. C'est de cette confusion que provient l'erreur au sujet de l'âge du Sansino, comme c'est à elle que l'on doit de voir attribuer à celui-ci des plantes d'espèces éteintes, qui, de fait, se trouvent dans les lits argileux des sables pliocènes (Voyez Cocchi, *op. cit.*, p. 12, et Gaudin et Strozzi, *op. cit.*, p. 9)

partie de sables colorés, comme à Bucine et à Faella, et où ses premiers bancs sont cachés par la culture ou la végétation. Or c'est dans cette série supérieure que se trouve en abondance, et peut-être uniquement, la faune si remarquable des Vertébrés du Val d'Arno : avant tout, les restes de l'*Elephas meridionalis,* puis, en quantité plus ou moins grande, ceux du *Rhinoceros leptorhinus,* de l'*Hippopotamus major,* de l'*Ursus Etruscus*, de l'*Equus Stenoni,* du *Bos Etruscus* et de tous ces beaux cerfs : *Cervus dicranios, C. pectinatus,* etc., dont est fier le Musée de Florence. La chose est parfaitement certaine ; elle est indiquée par les citations des auteurs (1) ; elle est presque toujours constatée par les renseignements des paysans ; enfin, elle est corroborée par l'étude de la roche qui recouvre les ossements, roche tantôt *marno*-sableuse, bleuâtre et très-micacée, tantôt *marno*-ferrugineuse et brune ou noirâtre, et qui n'a rien à faire avec les *sables* jaunes ou ferrugineux du Pliocène proprement dit.

Tout en faisant les restrictions déjà énumérées et que commande la prudence, dans l'état encore un peu incertain de nos connaissances paléontologiques, nous pouvons donc, en dernier lieu, reconnaître qu'en Toscane, comme ailleurs, la faune à *Elephas meridionalis,* prise là où elle est riche en individus, est plus récente que l'Astien et appartient aux premières assises de l'étage suivant, c'est-à-dire au niveau que j'ai appelé *couches de Cromer* (2).

A la fin de ces explications un peu longues, j'ai le droit et le devoir d'abréger ce qui me reste à dire sur la composition de l'étage saharien. Je me bornerai donc à énumérer de nouveau les dépôts les mieux connus dont est constitué ce terrain, pour en venir plus vite aux conclusions de l'ordre géographique que l'on peut le plus aisément déduire des faits de stratigraphie établis.

Il est certain, en premier lieu, que les assises quaternaires caractérisées par la faune de l'*Elephas meridionalis* sont synchroniques du Glaciaire inférieur, constitué en Suisse par les restes de moraines inférieurs aux lignites d'Uznach et de Wetzikon, et dans le Nord par les sables de Grays-Thurrock et de Saint-Prest, qui contiennent des ossements striés à l'instar des blocs et cailloux glaciaires (3). En effet, d'un côté comme de l'autre, il n'existe entre ces premières strates

(1) Cocchi, *op. cit.*, p. 11 et s.; — Gaudin et Strozzi, *op. cit.*, p. 9, 15, etc.

(2) La florule connue de ce niveau, en dehors de la Toscane (Leffé, Chieri, Cromer, etc.), étant toute formée d'espèces actuelles ou extrêmement voisines d'espèces habitant encore les mêmes lieux, il s'agira de s'assurer de nouveau si les arbres des lignites du Sansino et les plantes que l'on peut trouver dans ses assises marneuses ont ce même cachet récent, ou s'ils font exception à la règle.

(3) *L'Homme fossile en France*, p. 103 ; 1864.

sahariennes et les dépôts du Saharien moyen caractérisés par la coëxistence des *Elephas antiquus* et *E. primigenius* et par la présence du *Megaceros euryceros* ou *Hibernicus,* aucune assise ou faune pouvant faire soupçonner une époque intermédiaire, et les rapports stratigraphiques et paléontologiques des deux sous-étages sont tout juste ce qu'il faut pour permettre de les réunir, comme assises successives, dans le même cadre ou terrain.

Quant au diluvium stratifié, que j'ai eu le tort de prendre pour type du Saharien moyen, en lui donnant le nom de *couches de Saint-Acheul*, on doit reconnaître qu'il n'est, comme le lœss, que le résultat nécessaire de l'immense développement des glaciers à l'époque saharienne supérieure, c'est-à-dire le produit des fleuves singulièrement agrandis qui découlèrent des glaciers durant leur phase d'envahissement, comme à leur apogée et pendant leur retraite. C'est donc au-dessous de ce diluvium et du lœss qu'il faut chercher le type du Saharien moyen, et nous trouvons ce type, dans toute l'Europe, dans les lignites et les tourbières à *Megaceros euryceros* et à *Elephas antiquus* et *E. primigenius* associés. Ce second sous-étage n'a, à vrai dire, qu'une importance médiocre, puisqu'il ne paraît dépasser nulle part quelques mètres d'épaisseur (1), et que sa faune de Mammifères ne lui est propre qu'en partie. Cependant, sa valeur comme sous-étage ne saurait être mise en doute, quand on songe que ses dépôts de lignites et de tourbes ont, à coup sûr, demandé bien des siècles pour se former, et quand on tient compte du temps qu'il a fallu aux premiers glaciers, dans les circonstances de température indiquées par la faune de l'*Elephas antiquus*, pour se retirer des vallées subalpines jusqu'à l'intérieur des montagnes, sur le versant nord de celles-ci.

Si, comme tout porte à le croire, la première invasion des glaciers, à l'époque saharienne inférieure, quoique d'assez longue durée, n'a guère été considérable, grâce au caractère encore tempéré du climat européen, et si elle n'a ainsi pu produire, dans les vallées du versant nord des Alpes et des Pyrénées, que des moraines relativement petites et, au-delà de celles-ci, que des dépôts fluviatiles restreints et peu puissants, destinés à être plus ou moins complétement détruits postérieurement, il nous faudra décidément admettre dans le troisième sous-étage saharien, et comme un tout indivisible, tous ces amas divers de la grande époque des glaciers : les immenses moraines subalpines et autres, les blocs erratiques qui en sont comme les jalons restants, le diluvium et le lœss qui leur correspondent nécessairement, les dé-

(1) Lyell, *L'ancienneté de l'Homme,* édit. allem., p. 166; 1864; — Cocchi. *op. cit.*, p. 44; — Heer, *Die Urwelt der Schweiz*, p. 484.

pôts des cavernes qui contiennent la faune caractéristique de l'époque (1), enfin, dans le Nord, en outre des moraines du pied des montagnes, le *till* et le *drift* anglais et l'erratique baltique, qui se sont déposés au fond de la Mer Glaciale d'alors, pendant les périodes d'affaissement et de nouvel exhaussement des contrées qui les possèdent (2).

Ainsi constitué, le Saharien supérieur est, sans contredit, de beaucoup le plus important des trois sous-étages quaternaires. En effet l'épaisseur de ses dépôts, prise soit dans les moraines successives ou principales des deux versants des Alpes, soit dans le lœss de la vallée du Rhin moyen, la richesse en individus de sa faune, le phénomène grandiose du sombrement et de l'exhaussement d'une partie du Nord de l'Europe et de l'Amérique, tout cela prouve qu'il représente une époque d'une durée hors de proportion. Cette durée étant importante à connaître pour les études préhistoriques, elle a déjà été évaluée par plusieurs savants, et l'on sait que M. Gastaldi ne l'estime qu'à mille ans, tandis que Lyell lui en donne jusqu'à cent quatre-vingt mille. Si le premier auteur fait certainement aller les choses beaucoup trop vite, — car comment les innombrables matériaux qui forment l'immense moraine d'Ivrée auraient-ils pu s'accumuler dans dix siècles ? — le second les fait nécessairement aller beaucoup trop lentement, — car ni la faible épaisseur des dépôts marins de l'époque, ni l'immutabilité de leur faune, ni ce que nous savons de la faune de Mammifères d'alors, ni ce que l'on devrait attendre du développement intellectuel de l'Homme durant cette époque, ne cadrent avec cette évaluation fabuleuse. Je crois donc m'être tenu plus près de la vérité, en calculant à quinze mille ans la durée de la grande époque glaciaire, de la seconde sortie des glaciers jusqu'à leur rentrée dans les vallées alpines et pyrénéennes proprement dites (3). Que je sois allé, de mon côté, un peu trop loin, ce n'est pas impossible ; mais pas assez loin, cela me paraît bien difficile à démontrer.

Par les détails stratigraphiques qui précèdent, j'espère avoir prouvé à ceux de mes confrères en Géologie qui en doutaient, qu'il existe de fait un étage astien ou pliocène, et un étage saharien ou quaternaire, parfaitement distincts et superposés. Je termine donc cette introduction au débat qui nous intéresse, par l'exposé des conclusions principales qu'il est permis de tirer de la distribution des couches astiennes

(1) *Elephas primigenius. Rhinoceros tichorhinus. Ursus spelæus, Felis spelæa. Hyæna spelæa, Bos primigenius, Equus caballus. Cervus elaphus, Homo sapiens* (var. *Engisiana*), etc.

(2) Voyez entre autres : Lyell. *Traité de Géologie* et *L'ancienneté de l'Homme.*

(3) *Das Alter der Au-Nagelfluh.*

dans le bassin de l'Éridan, pour en projeter encore plus de lumières sur les questions obscurcies qu'il va s'agir de débrouiller.

Quand la mer astienne envahit la plaine du Pô (1), elle s'avança, *de prime abord*, le long des Alpes jusqu'à Bielle, Borgomanero, Varèse et Côme, et pénétra par Chiasso et Pontegana dans le petit bassin de Balerna et, de là, au moins jusqu'au pied du Monte-Generoso, près de Lugano (où les marnes bleues astiennes inférieures, primordiales ou remaniées, sont coupées par le chemin de fer). Je dis et souligne *de prime abord*, parce que l'Astien inférieur augmente, comme nous l'avons vu, régulièrement de puissance du pied des Alpes, où il a tout au plus quinze mètres, par l'Astésan, où il en a jusqu'à cent cinquante, vers le Haut-Montferrat et le Plaisantin, où il atteint au moins trois cents mètres, tandis que ce serait nécessairement dans l'Astésan, au milieu du bassin du Pô, qu'il aurait le plus d'épaisseur, si la mer ne s'était avancée vers les Alpes qu'au milieu ou vers la fin de l'époque astienne inférieure. Cela étant parfaitement clair, quand on pèse toutes les raisons qu'il y a pour qu'il en ait été ainsi, et l'âge exact des marnes de Cossato, Borgomanero, Varèse et Pontegana étant certainement celui de l'Astien inférieur — (le *Pecten cristatus* ne se trouve jamais sans le *P. flabelliformis* dans l'Astien II *a*; l'*Ostrea navicularis*, le *Spondylus concentricus*, le *Pecten duodecim-lamellatus* n'y remontent jamais, d'après ma longue expérience), — il faut que la mer se soit retirée du pied des Alpes bien avant la fin de l'époque astienne inférieure, puisque ses dépôts n'atteignent pas ici le cinquantième de l'épaisseur qu'ils ont au pied de l'Apennin, et que, fussent-ils réduits des trois quarts par l'érosion, ce qui est certainement le maximum admissible, il est impossible qu'ils aient mis, comme ceux du Plaisantin, tout au moins vingt-cinq mille ans à se former (2).

Mais une fois en retraite, la mer astienne ne s'arrêta pas de sitôt, et loin de revenir à Bielle et à Varèse, au commencement de l'époque astienne supérieure, elle quitta même le Nord et le Sud du bassin d'Asti (nous avons vu que l'Astien II *a*, à *Turritella tornata*, manque à Castelnuovo et à Cassine et se trouve réduit à quelques mètres au

(1) L'unique et faible trace d'eau salée qui existe, dans le bassin du Pô, dans les assises mio-pliocènes (messiniennes) supérieures, consiste, à ma connaissance, dans des marnes à petites Cyrènes et Bucardes, accompagnant les lignites et poudingues, entre Villalvernia et Carrezzano, près de Tortone. Déjà, du reste, à l'époque des gypses ou du Messinien moyen, la mer éridanienne paraît avoir été bien restreinte et découpée en plusieurs bassins tout petits (Alice, Stazzano, etc.).

(2) Car alors il ne se serait déposé, non pas en pleine mer, mais sur la côte, dans des anses ouvertes, qu'un ou deux millimètres de vase par année, et chaque génération d'Huîtres ou de Peignes de la maigre faune de ces dépôts subalpins eût dû vivre un siècle ou ne venir que tous les cent ans s'y établir pour quelques années !

milieu du bassin), pour devenir plus profonde dans le Plaisantin et y déposer, au-dessus de l'Astien inférieur, jusqu'à trente mètres des nouvelles marnes que nous connaissons.

Enfin, après un laps de temps que l'on peut évaluer à dix ou quinze mille ans, au minimum, la mer revint à la charge et poussa de nouveau une pointe jusqu'à Massérano près de Bielle (1). Mais cette mer tardive trouva l'entrée du lac de Lugano barrée par les marnes bleues de l'époque précédente et par les accumulations fluviatiles qui s'étaient formées pendant sa longue absence. Peut-être surmonta-t-elle çà ou là ces obstacles, dans son premier élan, mais en tout cas ce nouvel envahissement du bassin de Lugano ne fut, s'il eût lieu, que de courte durée, puisqu'il n'a laissé aucune trace, et c'est beaucoup plus au sud, sur la ligne de Massérano à Borgomanero et Fino, que se trouvait le nouveau rivage (2).

Au bout d'une petite série de siècles (vingt ou trente me semblent suffire pour la formation des sables jaunes et de leur faune), pendant lesquels la température de la mer subalpine dût être bien voisine de celle de la Mer Rouge actuelle, à en croire les gros *Strombus coronatus*, les gros *Conus Mercatii* et *C. betuliniformis*, les gros Pleurotomes de types sénégalais, les grosses Cancellaires, les grands Fuseaux, les énormes *Artemis, Venus, Cytherea*, etc., eut enfin lieu le phénomène géologique qui, d'une part, chassa la mer de tout le bassin du Pô, et, de l'autre, amena les glaciers jusque dans les vallées du revers nord des Alpes et au moins jusqu'au bas des pentes de leur versant sud. Ce fut le commencement de la période saharienne.

Tels sont, dans leurs traits les plus saillants, les phénomènes géologiques de la période pliocène qui ont eu lieu dans le bassin lombardo-piémontais, et dont l'ordre chronologique et la durée énorme vont nous guider dans notre appréciation des faits ambigus de Balerna et de Fino.

II. *Localité de Balerna.*

Le petit bassin des tuileries de Balerna, élevé d'une vingtaine de mètres au-dessus du lac de Lugano, est entouré de toutes parts par des roches plus anciennes que l'Astien, sauf au nord, où il s'ouvre sur le lac, et au sud-sud-est, vers Côme, où il est barré par le Glaciaire et repose sur les marnes bleues astiennes primordiales. Il forme ainsi un recoin isolé, séparé de la Breggia, qui passe à Pontegana et à Chiasso

(1) Comme on sait, il y a là quatre à cinq mètres de sables bleus, très-riches en coquilles de l'Astien II *b*.

(2) Voyez la Carte géologique du Piémont par M. A. Sismonda.

et se jette dans le lac de Côme, par la montagne de Balerna même et par les moraines qui contournent le pied sud de cette montagne et que traversent obliquement la grand'route et le chemin de fer.

Le fond de ce petit bassin est occupé par trois ou quatre mètres (puissance visible) d'argiles bleues, très-micacées, de même couleur, quand elles sont humides, que les marnes astiennes inférieures, ce qui prouve incontestablement que la première mer astienne avait, elle aussi, envahi ce recoin et y avait déposé sa vase. Au beau milieu de ces marnes, et un peu au-dessus du fond le plus bas des tuileries, se trouvent çà et là enfouis quelques blocs erratiques, d'environ un demi-mètre cube, parfaitement anguleux, striés en partie, bref tout à fait normaux. Un peu plus haut, en général, apparaissent, dans les tranchées ou talus de ces marnes, des cailloux arrondis ou anguleux, plus ou moins fortement striés, assez nombreux vers le haut et à mesure que les marnes deviennent plus jaunâtres. Puis viennent çà et là, sans limites précises, des amas de cailloux glaciaires, plus ou moins englobés dans les dernières marnes, et enfin, par-dessus, comme on peut le voir le long du chemin de fer, de grandes moraines, d'un aspect un peu particulier. Or, toutes ces couches glaciaires, — à partir, bien entendu, de celles qui contiennent les premiers blocs et cailloux striés, — sont si parfaitement reliées par des passages, qu'il saute aux yeux qu'elles appartiennent toutes à la même époque, de sorte que si les marnes à cailloux sont marines et astiennes inférieures, les cailloutis qui leur font suite, et les moraines qui occupent tout juste les mêmes emplacements demi-circulaires que les marnes à cailloux, le sont aussi. Tous ces dépôts de Balerna seraient donc extrêmement anciens ; ils auraient l'âge de l'Astien et du Saharien réunis, c'est-à-dire au moins quarante mille ans. Depuis lors il ne se serait passé, dans ce petit bassin, aucun phénomène géologique de quelque importance, et l'époque des grands glaciers, en particulier, n'y aurait laissé aucune trace.

L'invraisemblance de pareils résultats étant par trop forte, cherchons une nouvelle explication, et, à cet effet, étudions encore une fois et un peu mieux notre petit bassin.

Les argiles sableuses de Balerna, exploitées dans sept ou huit tuileries, ont bien, au premier abord, l'aspect des marnes astiennes, mais en les examinant avec plus d'attention, l'on reconnaît qu'elles se distinguent éminemment de celles de Varèse (Folla d'Induno) et de Pontegana, par plusieurs caractères essentiels. Ces dernières marnes, quoique singulièrement exposées à l'humidité, sont *très-compactes, dures, sèches, très-homogènes,* et il est fort facile d'en tailler des échantillons. Elles contiennent, surtout à leur base, d'assez nombreux

fossiles, mais, cela va sans dire, elles n'ont pas encore offert de cailloux striés. Les marnes de Balerna, au contraire, sont *tendres et pâteuses,* même au beau milieu de l'été. Séchées, *elles se désagrégent en feuillets contournés, se fendent dans divers sens et finissent par tomber en morceaux et en poussière.* Elles sont déposées *en petits lits, alternativement bleus et argileux, et un peu jaunâtres et plus terreux.* Bientôt ces fines bandes jaunâtres dominent et deviennent tant soit peu sableuses, de telle sorte qu'à un mètre du sol la marne est *uniformément jaunâtre* et alors *identique avec les argiles quaternaires* des nombreuses tuileries que je connais le long de l'Apennin, à Stazzano, Tortone, Plaisance, etc. Enfin cette marne bleue et jaune contient, dans plusieurs des tuileries de Balerna, un grand nombre de petites concrétions et de petits tuyaux annelés, formés par des infiltrations à travers les bandes sableuses, concrétions que je n'ai jamais rencontrées dans les marnes bleues astiennes, tandis qu'elles abondent dans les marnes quaternaires, par exemple dans celles des grandes tuileries de Zurich.

Mais les fossiles, dira-t-on ! Des fossiles, *les marnes exploitées aux tuileries de Balerna n'en contiennent pas trace !* Et vu leur nature pâteuse, il est, en particulier, *complétement impossible* qu'un Spatangoïde bien conservé puisse en provenir ! J'ai donc le regret d'annoncer que ce n'est que par suite d'une bien malheureuse confusion de ces marnes des tuileries avec les marnes voisines, du bord de la Breggia, sous Pontegana, que MM. Stoppani et Desor ont cru que les premières renfermaient des fossiles. Encore une fois, il n'en est rien.

Sans doute, les marnes de Pontegana sont parfaitement marines et astiennes inférieures, puisqu'elles contiennent d'assez nombreux échantillons de l'*Ostrea navicularis* et du *Pecten cristatus,* associés à d'abondants *Brissopsis Pecchiolii* (1) ; mais, je le répète, elles affleurent à près de dix minutes des tuileries et sont inférieures au sol de celles-ci d'au moins dix et peut-être vingt mètres.

Mais alors, ces marnes pâteuses, bleues, puis jaunâtres, des tuileries de Balerna, avec leurs blocs et cailloux striés, ne sont ni marines ni astiennes ? Sans doute ; elles ont tout simplement été déposées, à l'époque saharienne supérieure, par le remous d'un courant qui, n'ayant trouvé sur son chemin et dans le bassin de Balerna que des marnes bleues astiennes et des calcaires marneux bleus, jurassiques et crétacés, à délayer, a nécessairement déposé dans l'anse des tuileries des marnes de la même couleur. Puis, les grands glaciers s'approchant, ce courant a amené des glaçons portant des blocs et

(1) J'ai trouvé moi-même huit exemplaires de cette espèce en une heure de temps.

des cailloux striés, glaçons qui, en fondant d'un hiver à l'autre, ont laissé tomber leur charge dans la vase. Enfin, le glacier est venu, par-dessus le col de Balerna, jusqu'au lac qui remplissait alors notre petit bassin (1).

En résumé, tout ce que l'on observe aux tuileries de Balerna et le long du chemin de fer, jusque près de Mendrisio, a son explication naturelle et parfaite dans ce que nous savons depuis longtemps de l'époque des grands glaciers. M. Stoppani aurait donc bien fait de comparer avec plus de soin les marnes à cailloux striés et les marnes astiennes typiques, et de s'assurer que les premières ne contiennent aucun fossile marin, avant de bâtir dessus un véritable château de cartes.

III. *Localité de Fino, dite Bernate.*

Le gisement de Fino, découvert il y a deux ans et devenu aujourd'hui si célèbre, consiste, pour le moment, en une butte allongée, haute de quatre à cinq mètres, là où elle est entamée. Cette butte est formée de gros cailloux roulés, de gros graviers et de sable plus ou moins grossier, et tient ainsi à la fois d'une moraine, d'un dépôt diluvien et de l'amas caillouteux d'un rivage peu tranquille.

La célébrité de ce dépôt lui vient, comme on sait, de ce qu'il offre, particulièrement vers la base, un assez grand nombre de coquilles marines astiennes, plus ou moins bien conservées, enfouies dans le sable, pêle-mêle avec les blocs céphalaires et les galets de toute grosseur, et mélangées avec d'assez fréquents cailloux plus ou moins distinctement striés de la manière que l'on sait. Or, comme au loin toute la contrée environnante a un franc cachet morainique; comme, en d'autres termes, il n'est pas douteux que les glaciers ne se soient, un jour, avancés jusqu'à Fino et plus loin vers Milan, et comme une grande partie des coquilles que l'on recueille dans notre butte est trop bien conservée pour qu'elle ait pu être amenée de loin, M. Stoppani, et M. Desor après lui, en ont conclu que la mer et les glaciers s'étaient rencontrés en cet endroit à l'époque astienne ; et voilà comment la théorie pliocéno-glaciaire a été fondée !

Ayant moi-même pris une part involontaire à la propagation de cette théorie, en déterminant et appréciant les fossiles de Fino que M. Desor m'avait communiqués, on me permettra de me disculper ici de la part d'erreur qui est à ma charge, en indiquant la manière dont cette erreur s'est produite.

(1) En effet, la grande moraine que le chemin de fer coupe entre Chiasso et Balerna, est nettement stratifiée, et ses couches de sables et de galets sont en pente raide ce qui prouve, à mon avis, qu'elle s'est déposée dans l'eau.

Après avoir étudié avec soin les cent et quelques individus de Gastéropodes que M. Desor m'avait envoyés, je n'hésitai pas à reconnaître en eux une faune astienne; seulement, n'ayant aucune idée des localités de Balerna et de Fino, et trompé par les morceaux de marne bleue, à *Pecten cristatus*, de Pontegana, qui étaient joints à l'envoi, autant que par le fait fortuit que tous les fossiles de Fino étaient des Gastéropodes, voire même qu'il y avait parmi eux le *Dentalium inæquale*, le *Natica Dillwyni*, le *Chenopus Uttingeri*, le *Buccinum Italicum* (*costulatum*, Brocc., *non* Ren.) et le *Columbella tiara*, toutes espèces que je ne connais point de l'Astien supérieur (Astien II *b*, couches d'Andona), je me laissai entraîner à conclure que la nouvelle localité appartenait à l'Astien inférieur, et je n'exprimai pas assez hautement mes doutes sur la primordialité de ce gisement singulier. Aujourd'hui que j'ai tout vu par moi-même et que j'ai eu le temps de réfléchir sur l'énigme, j'ai hâte de rétracter mon affirmation et de donner l'explication naturelle des faits compliqués que l'on observe à Fino.

Ce qui frappe tout d'abord le géologue qui se met à étudier ce gisement, c'est la manière dont y sont enfouies les coquilles. Tous les géologues qui ont récolté dans les sables astiens de la Haute-Italie savent que les fossiles y sont répartis avec un certain ordre, plus ou moins banc par banc : ici les espèces les plus grosses, là les tout petits individus; ailleurs les bivalves, ailleurs encore les Gastéropodes. On acquiert vite l'expérience que les sables jaunes, pas plus que les marnes bleues, ne renferment nulle part des bancs tant soit peu épais formés de gros éléments, et on se rend facilement compte de ce fait, en réfléchissant que l'étroite mer éridanienne, avec ses golfes et ses bras, a dû avoir un caractère éminemment pacifique.

Or, que voit-on au contraire à Fino ? On est tout étonné de voir que les coquilles sont enfouies dans le plus grand désordre, au milieu d'innombrables blocs et galets ; qu'elles y sont, pour ainsi dire, jetées par pelletées, irrégulièrement réparties, et correspondant à la grosseur des cailloux ou du sable, tandis que quelques filons ou recoins de sable plus fin ne recèlent, à leur tour, que des coquilles toutes petites. Mais ce qui frappe le plus, c'est de trouver, à côté de coquilles parfaitement conservées, une quantité beaucoup plus grande d'individus roulés ou brisés, ou même réduits en fragments. Comment expliquer ce chaos persistant, si fort en opposition avec les autres gisements astiens et particulièrement avec celui de Massérano, qui appartiendrait pourtant au même rivage? Évidemment la chose est impossible, tant qu'on s'en tient à l'idée que l'on a devant soi un dépôt marin. En effet, pourquoi les marnes et les sables astiens ne présentent-ils nulle part de traces de l'agitation des eaux qui auraient accumulé cinq mè-

tres de galets et de blocs arrondis sur un certain point de la côte lombarde? — Première contradiction des faits et de la théorie pliocéno-glaciaire. — Mais continuons nos investigations.

La faune de Fino, représentée actuellement par une centaine d'espèces, est, comme on sait, évidemment astienne, et elle offre déjà, en particulier, un bon nombre de ces espèces éteintes ou vivantes, de types tropicaux, qui différencient si fort cette faune pliocène de la faune méditerranéenne actuelle (*Dentalium inæquale, D. sexangulare, Turritella vermicularis, Nerita Emiliana, Murex spinicosta, Pleurotoma interrupta, P. intorta, P. dimidiata, Conus antediluvianus, C. Mercatii, C. ponderosus, Strombus coronatus, Terebra fuscata, T. acuminata, T. pertusa*, etc.). Or, pour qui connaît les faunes astiennes d'Italie et qui sait, par conséquent, qu'elles indiquent avec certitude une température des eaux, non pas égale à celle des mers de l'Europe actuelle, mais, pour le moins, comparable à celle de la Mer Rouge, l'idée que d'immenses glaciers venaient, de trois côtés, fondre dans le bras de mer subalpin, est tout ce qu'il y a de plus inadmissible; car l'effet de tous ces glaciers eût nécessairement été de ramener à près de zéro la température de ce petit bras de mer et d'y empêcher ainsi tout développement de la vie animale.— Deuxième contradiction des faits avec la théorie.

Mais nous avons bien d'autres faits à opposer à la nouvelle théorie. Quand on passe en revue une collection des fossiles de Fino, l'on est, comme je l'ai dit, surpris de voir que, sans raisons apparentes, une partie de ces coquillages est dans un fort bon état de conservation, tandis que les autres sont plus ou moins roulés, décortiqués ou brisés, et qu'enfin un bon nombre ne consiste plus qu'en fragments anguleux ou usés au plus haut degré. Or, quand on a présente à l'esprit la constitution si normale des deux faunes astiennes du Midi de l'Europe, on est frappé du fait que ce sont justement les espèces communes dans les sables astiens supérieurs (*Dentalium sexangulare, Cerithium vulgatum, Triton affine, T. doliare, Chenopus pes-pelecani, Buccinum clathratum, Columbella scripta*, etc.) qui sont si bien conservées ou si fraîches, tandis que toutes celles qui caractérisent l'Astien inférieur (*Dentalium inæquale, Turritella subangulata, Chenopus Uttingeri, Pleurotoma dimidiata, P. intorta, Conus antediluvianus, Columbella tiara*, etc.) sont aussi les moins fraîches et les plus souvent brisées aux extrémités ou par le milieu. Alors, plus on y réfléchit, plus la conviction devient intime, qu'il y a dans le dépôt de Fino un mélange de deux faunes distinctes, à savoir celle des marnes bleues astiennes inférieures et celle des sables jaunes beaucoup plus récents; et, comme tout prouve que les échantillons qui représentent la première faune

ont été amenés à Fino de loin, et non pas détachés et roulés sur place, on arrive d'un nouveau côté à l'idée d'un remaniement et d'un dépôt fluviatile.

Examinons à leur tour, avec un peu d'attention, les autres matériaux du tertre de Fino. Ce qui frappe tout d'abord, c'est que les plus gros cailloux, ceux de la grosseur de la tête, sont irrégulièrement mélangés aux autres de toute taille, sur toute la hauteur de l'escarpement. Cette répartition, à elle seule, démontre déjà que nous n'avons point affaire à une ancienne plage, où tout est rangé banc par banc, selon la force des vagues, mais bien à un dépôt fluviatile, d'origine violente ou successive. Nous trouvons ensuite, que presque tous ces galets, de tailles diverses, sont roulés et arrondis, même ceux qui contiennent des trous de Pholades et ceux qui sont striés de la manière que l'on sait. Cela prouve assurément qu'aucun de ces galets n'a été apporté directement et planté là par la glace, mais que tous ont subi un charriage ou tout au moins un remaniement vigoureux. Notons, en particulier, que parmi les nombreux cailloux striés, il n'y en a guère qui n'aient évidemment été roulés et usés après coup, nouvelle preuve qu'ils n'ont pas été déposés par un glacier dans le talus qui les contient. Enfin, quant au sable et au gravier mélangés avec ces innombrables galets, après ce que nous savons de la distribution des coquilles, nous n'avons plus besoin de constater qu'ils ont, eux aussi, un parfait faciès fluviatile et ne sont, à coup sûr, ni le produit d'un glacier fondu sur place, ni celui de vagues régulières. — Voici donc trois nouveaux faits en opposition avec la théorie que nous combattons.

Que faut-il encore ajouter pour parfaire notre démonstration par l'impossible ? Est-il besoin de relever une à une toutes les contradictions que rencontre l'idée d'une mer *pliocène-récente* dans l'orographie et la stratigraphie bien connues de la plaine nord-lombarde ? de montrer le manque et l'impossibilité d'une ligne de rivage à travers la plaine actuelle de Fino ? de relever le désaccord qui existe entre ce rivage supposé et la direction de notre colline du nord-ouest au sud-est ? de souligner enfin, qu'une mer lombarde récente impliquerait un exhaussement considérable de toute la plaine du Pô dans des temps quasi-historiques, c'est-à-dire à l'époque du Renne ? bref, de récapituler tous les faits qui démontrent que la théorie pliocéno-glaciaire est en contradiction flagrante avec la chronologie la plus notoire des terrains tertiaires supérieurs ? Non, sans doute ; cela est parfaitement inutile et ne serait que fastidieux. Je clos donc ici cette enquête, et je termine par la seule explication de tous les faits constatés à la butte de Fino, qui soit satisfaisante et complète, la seule, par suite, qui soit l'expression de la vérité.

La faune qui accompagne l'*Elephas meridionalis* en Lombardie et en Piémont, et particulièrement l'*Hippopotamus major*, contredisant l'hypothèse d'un grand froid et de l'extension des glaciers au pied sud des Alpes durant la première époque saharienne, il n'est plus douteux aujourd'hui que ce n'ait été qu'à la troisième époque que les glaciers s'avancèrent dans la plaine lombarde et s'y étendirent jusque bien au-delà de Fino. C'est donc dans le courant et à un moment donné de la grande époque glaciaire que se forma le dépôt en question, et c'est encore nécessairement sur le domaine propre du glacier qui débouchait par Côme, que se passèrent les phénomènes auxquels est due l'existence de ce dépôt. En effet le glacier le plus voisin, sur la droite, celui qui débouchait par Stabbio, n'a eu évidemment, grâce à la configuration de son propre domaine, ni la force ni la masse nécessaires pour refouler l'autre plus à l'est. Or, notre glacier, qui amenait, plus ou moins délayées et mélangées avec ses autres matériaux, de grandes masses de marnes astiennes inférieures, enlevées aux environs de Côme et vraisemblablement au pied sud de la montagne de Camerlata, en déposa une certaine partie, peut-être déjà réduite à des rognons et à des coquilles, le long de son flanc droit, c'est-à-dire dans la direction de Fino. Puis, arrivé aux sables astiens supérieurs, qui, par parenthèse, avaient ici le faciès d'un dépôt d'embouchure de torrent, il les ravina à leur tour, pour en mêler les éléments avec les roches et les fossiles qui lui restaient, et en former de nouveau une ou plusieurs moraines. Les premières moraines résistèrent apparemment à l'accumulation de la glace et à l'extension toujours croissante du glacier, non sans être plus ou moins tronquées et modelées, suivant les hasards de la marche de celui-ci, et les choses en restèrent là durant les périodes d'accroissement et de stationnement des glaciers. Vint enfin la période de débâcle. Alors, et à un moment donné, notre glacier, fondant, pour ainsi dire, à vue d'œil, d'un hiver à l'autre, donna naissance à des courants impétueux, qui ravinèrent de nouveau la contrée. L'un de ces courants, après avoir entamé çà et là le flanc des moraines latérales, et peut-être encore balayé le fond astien des environs, vint buter à Fino contre les restes puissants d'une moraine frontale, ou s'engagea entre deux masses de glace encore solides, et déposa ainsi, sur la ligne que nous savons, les masses remaniées qui constituent notre butte.

Tableau synoptique des terrains néogènes supérieurs.

ÉTAGES.	SOUS-ÉTAGES.	NORD DE L'EUROPE.	FRANCE.	SUISSE.	HAUTE-ITALIE.	VAL D'ARNO.
SAHARIEN (DILUVIUM).	III. Couches de St-Acheul.	Drift, Till, graviers et cavernes à *Ursus spelæus*; moraines des Monts Grampians, etc.; erratique du Nord de l'Allemagne.	Diluvium gris et Lœss du Nord; moraines des Vosges; cavernes à *Ursus spelæus*; moraines supérieures des Pyrénées, etc.	Blocs erratiques; moraines supérieures; graviers stratifiés, non agglomérés; cavernes à *Ursus spelæus*.	Moraines; graviers stratifiés, non agglomérés; cavernes anciennes, etc.	Lœss, graviers et sables stratifiés des environs d'Arezzo.
	II. Couches de Dürnten.	Argiles à lits de lignite et sables marins alternants de Cromer; dépôt d'eau douce de Runton, etc.	Lignites de Chambéry ?	Lignites de Mœrschwyl, Uznach, Dürnten, Wetzikon, etc.	Sables à *Megaceros euryceros* de Borgo d'Arena près de Pavie.	Argiles à petits lits de tourbe et à *Megaceros euryceros*, des environs d'Arezzo.
	I. Couches de Cromer.	Crag à Mammifères de Norwich; forêt diluvienne de Cromer; sables à *Elephas meridionalis* de Grays Thurrock, etc.	Marnes à *Elephas meridionalis* de Fontaine-Française, Bligny, Pouilly, etc., près Dijon; tufs à *Rhinoceros Etruscus* et *Hippopotamus major* de l'Auvergne, etc.	Moraines inférieures et craie lacustre de Mœrschwyl, Uznach, Dürnten et Wetzikon.	Marnes d'eau douce sableuses et gravier ferrugineux, à *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros leptorhinus* et *Hippopotamus major*, de l'Est et de l'Ouest de l'Astésan.	*Sansino* : sables micacés, argileux ou ferrugineux, à *Elephas meridionalis*, *Hippopotamus major* et *Rhinoceros leptorhinus*.
ASTIEN (PLIOCÈNE).	II *b*. Couches d'Andona	Crag rouge ou de Norfolk,	Argiles et minerais de fer de Gray, Autrey, etc. (Haute-Saône), de Saint-Seine, Chevigny, Fauverney (Côte-d'Or); graviers à *Mastodon Arvernensis* de Cheilly (Saône-et-Loire); mollasse sableuse supérieure des environs de Lyon et de Trévoux.	Graviers agglomérés et caverneux de Schaffouse,	Sables marins jaunes (bleus à Massérano).	Sables jaunes, souvent argileux, à *Unio atavus*, *U. Etruscus*, *Anodonta Bronni*, *Neritina zebrina*, *Paludina ampullacea*, *P. Bronni*, *Nematurella ovata*, etc., dans leur partie moyenne.
	II *a*. Couches de Lugagnano.	d'Angleterre et de Belgique.		Baden, l'Au, Baar, etc.	Marnes sableuses à *Turritella tornata*, du Plaisantin.	
	I. Couches de Tabbiano.	Sables argileux noirs de aLngenfelde, près Dantzig.	Tufs de Meximieux; calcaire d'eau douce de la Croix-Rousse à Lyon. — Marnes bleues de Biot, de Fréjus et de Nice.	Graviers agglomérés et caverneux de Wædenschwyl?, de Brongg?, de Bâle-Campagne?	Marnes argileuses bleues à *Ostrea navicularis*, *Pecten cristatus*, *Turritella subangulata*, *Xenophora testigera*, etc.	Marnes blanchâtres, à zones bleues, à *Mastodon Arvernensis* et flore pliocène, des environs de Figline.

A la suite de cette communication, M. **de Mortillet** présente quelques observations à l'appui des conclusions de M. Mayer.

M. **Tournouër,** n'ayant pas été sur les lieux, ne peut entrer dans la discussion des faits ; mais il lui est cependant difficile de ne pas appuyer les considérations d'ordre zoologique qui ont été indiquées par M. Mayer et par M. de Mortillet, sur l'impossibilité théorique d'admettre qu'une faune d'un caractère aussi chaud et aussi méridional que celui de la faune des marnes subapennines ait pu vivre dans un golfe où venait fondre un grand glacier, et même dans une mer où de grands glaciers un peu reculés auraient envoyé leurs eaux réfrigérantes.

M. Desor a cité à l'appui de son opinion les faits bien connus de la Nouvelle-Zélande, où les glaciers descendent très-bas jusqu'au milieu d'une végétation de Fougères arborescentes, et du Chili, où d'autres glaciers arrivent jusqu'à la mer par une latitude de 46 degrés, analogue à celle de Paris.

L'argument tiré de la végétation qui peut vivre à côté d'un glacier n'est pas très-topique, et les conditions de la vie végétale terrestre et de la vie animale marine ne peuvent pas se déduire absolument, dans ce cas-ci, les unes des autres.

Quant aux glaciers du Chili qui lancent jusque dans la mer leurs ice-bergs sous des latitudes semblables aux nôtres, M. Tournouër ne connait pas la faune locale de Mollusques qui vit précisément dans ces conditions et aux points cités ; mais ce que l'on sait très-bien de la faune générale des côtes S. O. de l'Amérique dans cette province malacologique, c'est qu'elle a un caractère triste, froid et nullement tropical. Ce que l'on peut dire aussi avec certitude, c'est que si des glaciers descendaient sur nos côtes jusqu'à la Manche ou jusqu'à l'Atlantique, ils y rencontreraient une faune d'un caractère très-tempéré, qui n'est nullement comparable à la faune pliocène subapennine, et il est plus que douteux que cette faune même pût continuer à vivre dans les conditions nouvelles que lui ferait le débouché d'un glacier.

Pour raisonner par analogie, il faudrait pouvoir citer un glacier descendant jusque dans la Mer Rouge ou sur la côte du Sénégal, au milieu de la faune malacologique de ces régions qui est bien autrement comparable à la faune pliocène que celles de la Manche ou du Chili.

Le secrétaire donne lecture des notes suivantes :

Sur le **cailloutis** *de la* **Fuly** *et les* **sables à Buccins** *des environs d'***Heyrieu** *(Isère),*

par M. F. **Fontannes**.

J'ai l'honneur d'offrir à la Société une étude stratigraphique et paléontologique intitulée : *Le vallon de la Fuly et les sables à Buccins des environs d'Heyrieu* (*Isère*) (1).

Le faciès tout à fait exceptionnel du gisement de *Nassa Michaudi,* Thioll., de la petite vallée de la Fuly, près de Saint-Quentin (Isère), a donné lieu à de longues controverses (2), auxquelles les discussions engagées actuellement au sujet des stations de Cassina Rizzardi et de Balerna, près de Côme, donnent un regain d'actualité. J'ai donc pensé qu'une étude minutieuse des dépôts tertiaires et quaternaires du vallon de la Fuly, appuyée sur celle de quelques localités du Dauphiné où les mêmes terrains se présentent plus normalement, pourrait offrir un certain intérêt et aider à la solution des problèmes analogues.

Après avoir analysé les recherches antérieures et résumé en un tableau synoptique les principales classifications successivement adoptées jusqu'à ce jour pour les terrains tertiaires et quaternaires des environs de Lyon, j'ai donné une coupe très-détaillée des couches tertiaires qui affleurent à Tersanne (Drôme), la localité typique de l'horizon des *sables à Buccins* (Lory), dont il était indispensable de rapprocher le gisement controversé, puis j'ai cherché, dans le voisinage de ce dernier, une coupe assez nette pour ne donner prise à aucune erreur d'interprétation. Celle du plateau qui s'étend entre Vienne, Heyrieu et Sérézin m'a paru réunir ces conditions. J'y ai reconnu les couches suivantes :

Quaternaire.	1° Lehm. 2° Terrain erratique à gros blocs. 3° Alluvions anciennes.
Pliocène.	4° Mollasse calcaire et sables supérieurs à *Mastodon dissimilis.*
Mio-pliocène.	5° Marne grise à Hélices. 6° Argile bleue et lignites (niveau de La Tour-du-Pin). 7° Marne argileuse, sable argileux, sans fossiles ? 8° Sables à *Nassa Michaudi* et *Helix Delphinensis;* nombreuses Auricules.

(1) *Ann. Soc. d'Agr. de Lyon,* juillet 1875 (Voir la *Liste des dons*).

(2) *Bull. Soc. géol.*, 2ᵉ sér., t. XVI et XX ; *Ann. Soc. d'Agr. de Lyon*, t. VII, etc.; Fournet, *Géologie lyonnaise*, p. 166 ; Lory, *Description géol. du Dauphiné*, p. 616.

Mio-pliocène (suite). { 9° Sables ferrugineux et manganésifères, à concrétions et à aétites ; Buccins, Hélices, etc.
10° Cailloutis quartzeux à ciment argileux ; couche très-localisée ; faune marine côtière sur certains points.

Miocène supérieur. 11° Mollasse et sables à *Terebratulina calathiscus.*

Substratum. Terrain houiller, Micaschistes, Gneiss, Granite.

Dans les dépôts sableux n° 8, qui correspondent à ceux qui à Tersanne contiennent la faune marine caractérisée par les *Nassa Michaudi* et *Dendrophyllia Collongeoni*, j'ai recueilli les fossiles suivants :

Hipparion ?
Nassa Michaudi, Thioll., cc.
Melanopsis buccinoïdea, Fér., r.
Paludina sp. ?, rr.
Bithynia tentaculata, Lin., var. *minor*, cc.
Valvata vallestris, Font., r.
Helix Chaixi ?, Mich., c.
— *Collongeoni*, Mich., c.
— *Gualinœi*, Mich., c.
— *Delphinensis*, Font., cc.
— *Amberti*, Mich., c.
Clausilia sp. ?, r.
Limnæa Bouilleti ?, Mich., cc.
Planorbis Thiollierei, Mich., cc.
— *Heriacensis*, Font., c.
— *submarginatus*, Crist. et Jan, r.
Auricula Viennensis, Font., cc.
— *Lorteti*, Font., r.
Melampus Dumortieri, Font., r.
Cyclostoma ? Falsani, Font., r.
Dendrophyllia Collongeoni, Thioll., r.
Platanus aceroïdes, Gœpp., c.
Cornus.
Fruits de Conifères, c.

Or, la plupart de ces espèces, qui se présentent dans toute cette région au milieu d'un sable blanchâtre, siliceux, peu cohérent, ont été retrouvées par moi, dans les berges de la Fuly, au milieu du cailloutis à gros éléments qu'on a identifié avec le conglomérat bressan (*pars*). Cette observation peut conduire à des conclusions fort diverses. Cependant, par une série de coupes relevées dans le Bas-Dauphiné septentrional, je crois avoir établi la non-contemporanéité du dépôt des fossiles et des cailloux roulés, et prouvé le remaniement des premiers par les eaux qui ont charrié les seconds. J'ai même étendu cette manière de voir à un certain nombre de localités du Dauphiné, où, suivant moi, les conglomérats à débris de coquilles tertiaires ne forment qu'un placage étendu le long de collines sableuses auxquelles ils doivent, outre le ciment qui remplit les interstices des galets, les fossiles que l'on y rencontre.

Voici d'ailleurs les conclusions que j'ai posées à la fin de mon travail :

1° La station de la Fuly ne doit pas être considérée comme un gisement typique des *sables à Buccins*, les couches sableuses qui renferment la *Nassa Michaudi* ayant été remaniées à une époque postérieure et contenant des cailloux d'alluvions étrangers à la formation des sables.

2° Ces alluvions sont antérieures à l'arrivée des grands convois de quartzites et de roches cristallines des Alpes. Les roches qui y dominent, et dont quelques-unes appartiennent aux formations du Plateau central, sont déjà, pour la plupart, représentées dans les dépôts mio-pliocènes par des cailloux de petites dimensions. Quant aux fossiles, ils appartiennent tous à la faune des sables à *Nassa Michaudi* et à *Helix Delphinensis* des plateaux environnants, et non à la faune variée des gisements marins, dont les débris n'ont été transportés dans cette région que plus tard.

3° L'isolement des Buccins au milieu de coquilles terrestres et fluviatiles est un fait particulier aux dépôts de cet horizon dans une partie du Bas-Dauphiné septentrional. La faune de ces dépôts doit son caractère le plus distinctif à l'abondance des Auriculidées, qui témoigne, à la fois, du voisinage de la mer et de la chaleur du climat. Elle relie les couches purement marines aux marnes d'eau douce à lignites.

4° Les Buccins se présentent d'ailleurs, à la Fuly, à leur niveau habituel. Leur abondance et leur parfait état de conservation sont les mêmes que dans leurs gisements normaux et montrent combien ces coquilles étaient aptes à résister à des causes diverses de destruction. Il ne faut cependant pas perdre de vue, pour ce point exceptionnel, sa proximité des couches tertiaires auxquelles les Buccins ont été arrachés.

5° Le gisement de la Fuly ne peut être *rapproché*, au point de vue stratigraphique, des couches à *Nassa Michaudi*, le cailloutis qui recouvre les berges du vallon étant de beaucoup postérieur à la formation de ces sables.

Il ne peut non plus venir à l'appui de l'hypothèse de l'origine marine du conglomérat bressan ; car les fossiles que l'on y rencontre et qui ont été souvent invoqués en faveur de cette théorie, appartiennent à un tout autre horizon que le conglomérat lui-même.

Ces conclusions, en ce qu'elles ont d'applicable aux dépôts glaciaires à fossiles marins de la Lombardie, sont d'accord avec l'opinion émise dernièrement à ce sujet par M. Alph. Favre, notre savant confrère de Genève.

Profil géologique *du chemin de fer de* **Rennes** *à* **Redon**, par M. **Delage**.

Pl. III.

Le chemin de fer de Rennes à Redon suit la vallée de la Vilaine, dont la direction est sensiblement N.-S. Il passe d'abord sur les Schistes de

Rennes, puis, entre les bornes kilométriques 379 et 381, traverse le bassin tertiaire calcaire de Lormandière, que recouvrent en partie des alluvions anciennes.

Au-delà du Kil. 381, le chemin de fer rentre dans les Schistes de Rennes. Ces schistes ont généralement la même direction et la même inclinaison que les autres couches du terrain silurien qu'ils supportent. On les considérait comme azoïques ; mais M. Éloy, ingénieur des mines de Pontpéan, y a trouvé des corps analogues à des Bilobites ; on peut donc les ranger, au point de vue paléontologique comme au point de vue stratigraphique, dans l'étage des Grès à Bilobites, qui en sont séparés par les Schistes rouges de Pontréan.

Les Schistes de Rennes, dont la couleur est généralement gris-bleuâtre, sont souvent mêlés de grauwackes. Au passage à niveau nº 9, ils deviennent d'une couleur rougeâtre. Deux cents mètres plus loin, au-delà de la Vilaine, ils forment une colline qui s'étend de Pontréan à Orgères. A Pontréan, sur le bord même de la Vilaine, se trouvent des carrières où on les exploite pour pierres de construction. Les deux collines entre lesquelles la Vilaine coule encaissée en cet endroit sont constituées par des schistes inclinés vers le sud depuis 45° jusqu'à la verticale; et dirigés E. 10 à 15° S. à O. 10 à 15° N.

Au Kil. 389, sur la rive droite de la Vilaine, entre les deux viaducs qui franchissent un bras de la rivière, on trouve : 1° une carrière de schistes rouges, qui à leur partie supérieure deviennent siliceux; 2° une carrière de grès avec Bilobites. Au-dessus de cette dernière carrière, à une distance de 50 mètres environ, s'en voit une troisième où les grès changent de direction et d'inclinaison : ils plongent vers l'ouest. On est alors sur le sommet de la colline, où se dresse un moulin à vent. A un kilomètre environ de ce moulin, vers l'ouest, on trouve des champs dans lesquels, vers l'automne, la charrue ramène des exemplaires de la *Calymene Tristani,* ce fossile caractéristique des Schistes ardoisiers.

Les Grès à Bilobites sont donc supérieurs aux Schistes rouges de Pontréan, et, comme on a trouvé dans les Schistes de Rennes ce fossile si caractéristique, on peut réunir dans un seul et même étage, qui serait contemporain de la faune première à *Paradoxides* de Barrande :

1° Les Schistes de Rennes,

2° Les Schistes rouges de Pontréan et de Montfort,

3° Les Grès à Bilobites.

Les Schistes ardoisiers succèdent en concordance de stratification aux Grès à Bilobites au Kil. 389,6. Il faut cependant remarquer que dans une carrière située à droite du chemin de fer, on voit des bancs de grès séparés par de petits lits schisteux, noirs, luisants, micacifères.

Les schistes, d'abord inclinés vers le sud, deviennent sensiblement horizontaux dans la tranchée de Traveusot, où l'on peut recueillir des Orthocères à stries circulaires très-fines, de petits *Orthis,* des *Calymene Tristani,* des *C. Aragoi,* des *Dalmanites socialis* et des *Illœnus.*

Au Kil. 392,4, l'on retrouve les Grès à Bilobites sous les Schistes ardoisiers. Deux cents mètres plus loin, les grès replongent vers le sud et viennent passer, au Kil. 393, sous les schistes, qui présentent en cet endroit plusieurs plissements et finissent, vers le Kil. 393,6, par plonger vers le sud.

Cette puissante assise de schistes se remontre à la tranchée du Glanret, après la station de Bourg-des-Comptes (Kil. 395,4) ; elle y présente la forme d'un fond de bateau, et y est surmontée par une assise peu épaisse de grès. A l'entrée et à la sortie du souterrain de La Trotinais, les schistes sont sensiblement verticaux ; vers le Kil. 396,8, leur inclinaison est vers le nord.

A la tranchée de La Fiollais, on retrouve les Grès à Bilobites, plongeant au nord. Ces grès, dans la tranchée de La Molière (Kil. 397,6), contiennent des Bilobites. Dans le bois qui monte vers le château de La Molière, ils plongent vers le sud, et au Kil. 398,3, ils supportent des Schistes ardoisiers visibles dans la tranchée de Mauny. Vers le passage à niveau nº 13, les schistes, tout en conservant la même direction, plongent au nord, et au Kil. 401,6, près du passage à niveau nº 14, ils reposent sur les Grès à Bilobites, dont l'inclinaison change au Kil. 402,1, pour reprendre vers le nord au Kil. 402,8.

Les Grès à Bilobites recouvrent des schistes rouges qui se présentent en couches verticales dans la tranchée de la Roche d'Uzel, et qui y sont traversés par deux bandes de poudingues quartzeux. A la station même de Bain-Lohéac, les Grès à Bilobites, plongeant au sud, reparaissent au-dessus de ces schistes rouges. Si nous remontons le cours de la Vilaine, nous trouvons, sur le sommet d'une colline, le village de Saint-Malo-de-Phily assis sur ces mêmes schistes rouges. Au-dessus d'eux se montrent des grès qui, après avoir plongé au nord, deviennent sensiblement horizontaux, puis reprennent leur inclinaison vers le nord. Ils sont surmontés par des schistes remplis de fossiles sur une longueur de plus d'un kilomètre.

Ce gisement est d'autant plus remarquable que l'on y voit le contact des schistes et des grès, et que dès ce contact, pour ainsi dire, les schistes sont fossilifères. Les fossiles sont de grands Trilobites, des Bellérophons, la *Calymene Tristani,* de grands *Orthis,* etc. Parmi les Trilobites j'en citerai un que je n'ai pas encore rencontré ailleurs ; il a trois lobes, et le pygidium semble formé de demi-cercles concen-

triques qui paraissent se continuer en ligne droite sur les flancs de l'animal.

Sur les Grès à Bilobites, plongeant au sud à la station de Bain-Lohéac, reposent les Schistes ardoisiers. Ces schistes, vus dans les tranchées du chemin de fer, plongent tantôt vers le nord, tantôt vers le sud. Au Kil. 405,3, dans la tranchée de Brémalin, un poudingue quartzeux s'y montre intercalé. A partir de Messac, ils changent quatre fois de direction. A la tranchée du bois de Beuvres, ils reposent sur des Grès à Bilobites, qui sont plissés plusieurs fois et qui sont nettement coupés par la cassure où coule la Vilaine. Sur la rive droite de la rivière les grès supportent les schistes du souterrain des Corbinières; puis ils réapparaissent au Kil. 418,8, où ils plongent vers le sud, sous des Schistes ardoisiers. Ceux-ci se montrent inclinés vers le nord dans les tranchées de La Chaussée et de La Chenac.

En face du village de Langon, dans la tranchée du Vaulais (Kil. 422), on voit un calcaire tertiaire, marneux, à cassure conchoïde. Ce petit bassin tertiaire n'est pas exploité.

Vers le Kil. 425, avant le passage à niveau nº 28, les Grès à Bilobites ressortent de dessous les Schistes ardoisiers, pour plonger de nouveau sous eux presque aussitôt après. Les schistes, inclinés d'abord vers le sud, ne tardent pas à plonger au nord. Dans la tranchée de Guéméné, ils présentent un nouveau changement d'inclinaison.

A celle de La Lombardie, entre les Kil. 428 et 430, on voit des alluvions formées de sables et de cailloux roulés, au milieu desquels se montre, en couches presque horizontales, un poudingue ferrugineux.

Vers le Kil. 431 les Schistes ardoisiers plongent au sud. On passe ensuite le Don, et deux kilomètres plus loin, dans la tranchée du Bas-Roland, on les voit plonger vers le nord, puis vers le sud. Dans les tranchées de La Fitière (Kil. 434) et de La Mercerais (Kil. 435-436), ils sont plissés et contournés. Il en est de même dans la tranchée du Por-d'Or, au-delà d'Avessac.

Entre les Kil. 440 et 441, on voit apparaître au milieu des schistes une bande de grès qui forme la colline allant de la tranchée de Cado à Saint-Nicolas-de-Redon. Sur cette colline, près d'un moulin à vent, on trouve de gros blocs de quartz. Ces grès doivent être considérés comme faisant partie de l'étage des Schistes ardoisiers, car, comme vers Vitré, ils sont enclavés entre des bandes de schistes. On les retrouve sur la route de Rennes à Redon, à treize kilomètres de cette dernière ville; en cet endroit ils plongent vers le sud et sont mêlés de schistes, puis recouverts par des schistes ardoisiers qui ont la même direction et la même inclinaison qu'eux.

Je n'ai point indiqué complétement les alluvions que l'on voit apparaître de temps en temps à partir de Messac et qui doivent former le lit dans lequel coule la Vilaine.

Les différents terrains rencontrés en allant de Rennes à Redon sont donc :

Silurien. . . .	Schistes de Rennes. Schistes rouges, avec poudingues intercalés à Bain-Lohéac. Grès à Bilobites. Schistes ardoisiers, avec grès intercalés à la tranchée de Cado et poudingues intercalés à celle de Brémalin. Grès fissiles supérieurs aux Schistes ardoisiers à la tranchée du Glanret.
Tertiaire . . .	Miocène de Lormandière et de Langon.

L'ordre de superposition indiqué par M. Dalimier pour les assises siluriennes du département d'Ille-et-Vilaine est donc exact (1).

M. de Cossigny fait la communication suivante :

Note sur le terrain **crétacé** *de la* **partie méridionale** *du* **bassin de Paris** *et sur l'***Argile à silex** *d'***Allogny** *(Cher), et* **Considérations géologiques** *générales à propos de ces terrains,*

par M. **de Cossigny.**

Pl. IV.

Orographie et constitution géologique du Midi de la Sologne. — Si nous jetons les yeux sur la carte (Pl. IV, fig. 1), nous voyons que la Loire décrit une sorte de demi-cercle depuis Nevers jusqu'à Tours. Si de Sancerre nous tirons une ligne droite dirigée vers Mehun-sur-Yèvre (ligne A B), cette ligne est à peu près parallèle au cours de la Loire entre Orléans et Blois, et parallèle aussi à la portion moyenne de la vallée de la Sauldre, affluent du Cher ; enfin elle donne la direction générale d'une série de côteaux, d'ailleurs assez accidentés, dont les escarpements méridionaux rachètent la différence d'altitude entre les plaines calcaires du Berry, qui s'étendent au sud, et les plateaux plus élevés qui se trouvent au nord (2). Je me hâte toutefois d'observer que

(1) Je dois signaler que M. Massieu, Ingénieur des Mines, a, depuis quelques années, relevé la coupe du chemin de fer de Rennes à Redon ; mais il ne l'a pas publiée.

(2) Cette ligne, dirigée sensiblement de l'E. 26° N. à l'O. 26° S., correspond au système de l'*Érymanthe et du Sancerrois* d'Élie de Beaumont.

la ligne onduleuse des coteaux n'accompagne pas la ligne A B jusqu'à Mehun. A partir de la forêt d'Allogny, en venant de Sancerre, elle s'infléchit vers le nord pour passer à Vouzeron, puis à Vierzon, et suivre enfin la vallée du Cher. La région naturelle comprise entre la ligne de coteaux en question et le coude de la Loire constitue la Sologne (1). Elle a une inclinaison générale au nord-ouest; sa plus grande altitude est de plus de 400 mètres aux environs d'Humbligny, non loin de Sancerre, et ses moindres altitudes d'environ 100 mètres, près des bords de la Loire entre Orléans et Tours.

Si nous faisons une coupe dans une des collines qui forment les contreforts méridionaux des plateaux de la Sologne, nous trouvons les superpositions indiquées dans la figure 2 de la planche IV. Tout le système repose sur le terrain jurassique, au-dessus duquel on rencontre, en allant de bas en haut :

1° Mais seulement dans la partie la plus orientale de la chaîne de collines, l'étage *néocomien*, caractérisé par ses fossiles; ce prolongement des couches néocomiennes, bien plus développées au Sud-Est du bassin de Paris, ne présente déjà plus aux environs de Sancerre qu'une épaisseur totale de 4 à 5 mètres au maximum; il continue à s'atténuer en allant vers l'ouest, et disparaît complétement avant d'avoir atteint la longitude de Bourges;

2° L'étage *albien*, correspondant aux sables verts inférieurs et aux argiles du Gault; ce groupe consiste en une série assez nombreuse de

(1) M. V. Raulin (*Mémoires de la Société géologique de France*, 2e sér., t. II) a créé le nom de *Sancerrois* pour l'espace triangulaire qui aurait pour angles les villes de Vierzon, Gien et Sancerre. La dénomination de Sancerrois, ainsi entendue, ne serait pas acceptée par les populations et ne me paraît pas parfaitement appropriée, puisque Sancerre n'occupe qu'un des points extrêmes de l'espace qu'il s'agit de définir. Je m'en tiens donc à la *Sologne*, région naturelle connue de temps immémorial, dont la délimitation, telle que je l'ai indiquée ci-dessus, est extrêmement nette; c'est d'ailleurs ainsi que la Sologne est comprise par la majorité des habitants, et qu'elle a été officiellement définie par le *comité* institué par Napoléon III *pour l'amélioration agricole de la Sologne*.

La Sologne forme un plateau quelque peu déchiqueté sur son bord méridional, constitué d'ailleurs par un massif homogène de terrain crétacé, surmonté lui-même par l'*Argile à silex éocène*. Si l'on veut entrer dans plus de détails, on aura à distinguer, au point de vue géologique, la partie S. E., correspondant au Sancerrois de M. Raulin, dans laquelle le sol superficiel est exclusivement composé de matériaux empruntés aux dépôts *éocènes*, et la partie N. O., que recouvrent des *argiles* et des *sables* appartenant au *Miocène supérieur*.

Au point de vue agricole, toute la Sologne est également caractérisée par une terre végétale où prédomine le sable siliceux et où l'élément calcaire fait défaut, par un sous-sol contenant des couches peu perméables à l'eau, enfin par une fertilité au moins médiocre et par un ensemble de conditions plus favorables à la culture forestière qu'à l'agriculture proprement dite.

couches, les unes arénacées, les autres argileuses, renfermant presque toutes plus ou moins de glauconie et de mica; l'épaisseur moyenne de cet ensemble est approximativement d'une cinquantaine de mètres;

3° L'étage *cénomanien* ou Craie inférieure, représenté en grande partie, dans la contrée qui nous occupe, par des marnes argileuses, d'un blanc sale, dont divers bancs sont assez largement utilisés pour l'agriculture; d'ailleurs les parties supérieures de l'étage ont disparu presque partout sur une épaisseur plus ou moins considérable, par suite d'un phénomène d'érosion remontant à une époque assez ancienne;

4° Un curieux dépôt sur lequel je reviendrai, consistant en un amas confus de silex de la Craie, les uns entiers, les autres réduits en fragments anguleux de diverses grosseurs, le tout cimenté par une matière presque blanche analogue à l'argile;

5° Un mélange de sable et de silex, ces derniers visiblement altérés et plus ou moins usés;

6° Enfin, une dernière formation, n'ayant, selon les lieux, que de 25 centimètres à 1 mètre 30 d'épaisseur, et qui enveloppe les collines en épousant toutes leurs formes; elle recouvre d'ailleurs la superficie des plateaux aussi bien que les tranches de toutes les formations horizontales que je viens d'énumérer.

Reprenons successivement l'examen plus détaillé de ces divers étages.

1° **Terrain néocomien.** — Il ne présente aucune particularité remarquable, et je me contenterai, à son égard, de renvoyer à ce qui en a été dit par MM. d'Archiac, Raulin et Ébray (1).

2° **Terrain crétacé inférieur** *ou* **étage albien.** —

L'étude stratigraphique détaillée de ce terrain n'est pas facile. La grande étendue des bois et des bruyères constitue une première difficulté, qu'aggrave encore la présence de ce terrain de remaniement superficiel que j'ai signalé plus haut et qui masque les affleurements des couches principales. Plusieurs assises sont entièrement dépourvues de fossiles sur d'assez grandes surfaces. Les couches du terrain albien ne sont pas continues dans toute l'étendue de l'étage; la plupart, au

(1) D'Archiac, *Études sur la formation crétacée des versants sud-ouest, nord et nord-ouest du plateau central de la France (Mém. de la Soc. géol. de Fr.,* 2ᵉ sér., t. II, p. 1); — Raulin, *Mémoire sur la constitution géologique du Sancerrois (Mém.,* 2ᵉ sér., t. II, p. 219); — Ébray, *Nouveaux renseignements sur la constitution géologique de la colline de Sancerre (Bull. Soc. géol.,* 2ᵉ sér., t. XVI, p. 213); *Note sur les derniers affleurements de l'étage urgonien dans le Sud du bassin parisien (Bull.,* 2ᵉ sér., t. XIX, p. 184).

contraire, paraissent former de vastes lentilles aplaties, qui s'enchevêtrent en se terminant, les unes et les autres, en coins fort aigus. D'un autre côté, lors des phénomènes diluviens qui ont creusé les vallées en laissant subsister ces coteaux de sables désagrégés, il s'est produit de nombreux éboulements, et de vastes lambeaux de terrain sont ainsi descendus, par voie de glissement, à des niveaux bien inférieurs à leur situation normale. Le hasard m'a mis à même de constater avec certitude, à deux reprises et sur des points différents, que des marnières en exploitation depuis plusieurs années ne se trouvaient pas dans la Craie en place, mais dans d'énormes fragments isolés (1). Enfin, l'orographie de la contrée est encore compliquée par des failles qui se sont produites postérieurement au dépôt du terrain crétacé, mais antérieurement aux dernières dénudations qui ont contribué à donner à la région sa configuration actuelle. Une grande faille, passant près de Sancerre, a déjà été mise en évidence par M. Raulin (2). J'ai de fortes raisons de croire qu'une faille parallèle à celle de Sancerre existe un peu à l'ouest d'Allogny, et qu'elle n'est pas étrangère au rejet vers le nord que présente en ce point la ligne des coteaux crétacés.

Sous la réserve de quelques erreurs possibles, et même probables, en raison des nombreuses difficultés d'observation que je viens d'énumérer, la série des couches comprises entre la Craie et le terrain jurassique est à peu près la suivante aux environs d'Allogny, dans l'ordre naturel de superposition :

Sable siliceux.	2m	
Argile plastique, d'un gris noir, un peu micacée	5	
Sable micacé, un peu glauconieux.	2	
Argile d'un brun verdâtre, glauconieuse et très-micacée.	1	
Sable un peu micacé	3	
Argile brune, micacée.	0	50
Sable micacé et un peu glauconieux.	2	50
Argile verdâtre.	0	50
Sable très-peu micacé.	9	
Sable argileux, un peu ocreux, employé pour les moules étuvés des fonderies, les constructions en torchis, etc.	6	
Argile noire, avec traces de lignites	1	
Argile plastique, panachée, exploitée pour les tuileries de Bourges. . . .	5	
Sable blanc, presque impalpable, avec une forte proportion de paillettes de mica blanc.	6	
Grès ferrugineux, avec quelques gros grains de quartz	1	50
Total.	45m	

(1) M. Hébert a déjà émis l'opinion qu'à la Motte d'Humbligny il y avait eu glissement d'un lambeau de Craie sur les sables inférieurs (*Bull.*, 2e sér., t. XVI, p. 145, en note).

(2) *Op. cit.*, p. 12.

Ces diverses couches sont, dans cette localité, dépourvues de fossiles.

3° **Craie inférieure** *ou* **étage cénomanien.** — La majeure partie de cet étage consiste, comme je l'ai dit, en marnes argileuses blanchâtres. Ces marnes ont une teneur de 0,30 à 0,50 en carbonate de chaux. Leur masse, qui atteint une puissance de 30 mètres et au-delà, selon que les phénomènes de dénudation ont fait disparaître une plus ou moins grande quantité des parties supérieures, est divisée par quelques lits de calcaire marneux noduleux. Elles contiennent de nombreux fossiles, dont beaucoup sont friables et altérés. Ceux qu'il est possible de recueillir suffisent pour caractériser parfaitement l'étage cénomanien.

En approchant de la base de la formation, les marnes, pour leur conserver la dénomination locale que j'ai aussi employée dans le tableau ci-dessous, deviennent un peu glauconieuses, perdent en partie leur calcaire et cessent d'être propres à l'amendement des terres. La couche la plus inférieure est surtout remarquable : le calcaire y fait complétement défaut, la silice y prédomine ; elle renferme des lits d'une roche solide, qui ne se délaie pas dans l'eau, qui se laisse couper au couteau, qui ne fait point effervescence avec les acides, qui, lorsqu'elle a perdu son eau de carrière, devient très-légère, poreuse, happant à la langue. Ainsi que l'a très-judicieusement fait remarquer M. Douvillé, cette partie inférieure de l'étage est la *gaize*, correspondant, tant par sa nature minéralogique que par sa position stratigraphique, à la Gaize de l'Argonne et de quelques autres parties du périmètre du bassin de Paris.

Observations sur le tableau du terrain crétacé. — Pour mettre en évidence la constitution du terrain crétacé considéré dans l'ensemble de la région, j'ai réuni dans le tableau ci-dessous les différentes coupes données par M. Ébray, et j'y ai ajouté celle des environs d'Allogny. Les coupes sont rangées par colonnes allant de gauche à droite, suivant l'ordre des positions géographiques allant de l'ouest à l'est. D'autre part, j'ai fait en sorte que les couches qui appartiennent évidemment à un même niveau géologique, bien qu'observées en des lieux différents, se trouvent sur une même ligne horizontale.

Ce tableau, tout en donnant la facilité de saisir, au premier coup d'œil, les équivalences des diverses couches, permet aussi de mieux préciser quelques-unes de ces variations lithologiques que j'ai annoncées. Ainsi, une couche de grès ferrugineux qui se suit avec une remarquable uniformité de composition depuis Vierzon, et même plus à l'ouest, jusqu'à Allogny, n'est plus signalée par M. Ébray à l'est de cette dernière localité. Les argiles inférieures se présentent à Tracy et

Coupes du terrain crétacé des collines comprises entre Vierzon et Sancerre.

VIERZON (Ébray).	ALLOGNY (Cossigny).	SANCERRE (Ébray).	TRACY (Ébray).
Marnes argileuses. *Ostrea columba, O. vesicularis.*	**Marnes argileuses.** (L'état des lieux n'a pas permis de recueillir des fossiles dans la partie supérieure du terrain).	**Craie marneuse.** *Ostrea columba, O. vesicularis.*	**Craie.** *Ostrea columba, O. vesicularis.*
Sables et **Grès.** Rares Trigonies.			**Craie sableuse.** Échinides.
Grès et **Craie** en couches subordonnées. *Ammonites Mantelli, Rhynchonella compressa, Trigonia spinosa. Avellana cassis.*	**Craie marneuse.** *Ammonites Mantelli, Pecten asper, Nautilus elegans, Ostrea carinata, O. flabellata.*	**Craie marneuse.** *Ammonites Mantelli, A. navicularis, Epiaster crassissimus.*	**Craie.** *Ammonites Mantelli, A. varians, Nautilus elegans, Turrilites costatus.*
	Craie argilo-siliceuse. *Terebratula biplicata.*	**Argile glauconieuse.** Lit inférieur avec quelques graviers.	**Argile glauconieuse.**
Argiles panachées.	**Sables** et **Argiles** sans fossiles (40 à 50^{m}).	**Sables ferrugineux.** *Ammonites inflatus.*	**Sables ferrugineux.** *Ammonites inflatus.*
Grès inférieur.		**Argiles micacées.**	**Argiles micacées.**
		Néocomien.	**Néocomien.**

à Sancerre avec un aspect un peu différent de celui des argiles correspondantes d'Allogny et de Vierzon ; elles paraissent offrir vers Sancerre un maximum d'épaisseur. Les couches sableuses, au contraire, se multiplient, se subdivisent, se diversifient aux environs d'Allogny ; elles perdent en même temps leurs fossiles ; puis elles disparaissent presque avant d'arriver à Vierzon. Par contre, l'étage de la Craie, aux environs de cette dernière ville, est envahi par les sables ; les marnes blanches ne forment plus que quelques lentilles isolées ; les couches supérieures à *Ostrea columba* et *O. vesicularis* changent elles-mêmes de composition et d'aspect : elles deviennent d'un brun verdâtre et très-sableuses, et, tandis que les coteaux d'Allogny et même ceux de Vouzeron, encore plus proches, ne sont formés que de roches peu agrégées, les grès exploités pour moellons et pour pavés abondent particulièrement aux environs de Vierzon.

Considérations sur l'origine des argiles et des sables. — Il est parfaitement évident que l'action destructive exercée par l'eau des torrents et des fleuves sur les roches produit des galets, des sables, des limons impalpables, qui ne sont pas sans analogie avec certaines argiles. Ces faits sont du nombre de ceux que nous observons, pour ainsi dire, chaque jour, et avec lesquels nous sommes complétement familiarisés. Aussi la première idée qui a dû se présenter à tous les observateurs de la nature, était que les couches argileuses et les couches arénacées, qui entrent pour une si forte part dans la composition de l'écorce terrestre, n'étaient autres que les dépôts formés dans les mers anciennes aux dépens des roches précédentes, triturées par les cours d'eau ou par les vagues. Ce sont ces idées qui ont encore presque exclusivement cours aujourd'hui. Cependant il y a déjà longtemps que Brongniart a émis l'opinion que les *sables de Beauchamp*, immédiatement supérieurs au Calcaire grossier du bassin de Paris, étaient véritablement un précipité de silice formé au sein d'une mer fortement minéralisée par des sources thermales. Cette manière de voir est, depuis lors, considérée comme plausible, mais en tant seulement qu'il s'agit des sables les plus purs et les plus blancs, tels que ceux qui sont recherchés pour la fabrication du cristal. D'un autre côté, d'Omalius d'Halloy a soutenu, jusqu'à la fin de ses jours, l'origine souterraine de la plus grande partie, non-seulement des sables, mais aussi des argiles. Ces dernières idées n'ayant été admises jusqu'ici qu'avec beaucoup de réserve et par un petit nombre de géologues, il ne me paraît pas inopportun de présenter ici quelques considérations qui tendent à les confirmer et qui me sont inspirées par l'étude des terrains crétacés que nous venons d'examiner.

D'abord, les dépôts limoneux que nous voyons se former sur les

bords des fleuves ou vers leur embouchure ont évidemment leurs analogues dans le Lœss ou le Lehm, dans l'Ergeron des Belges, dans la Terre à briques du Nord de la France et autres dépôts superficiels analogues, peut-être aussi dans d'autres sédiments plus anciens. Mais je ne sache point que, parmi les dépôts d'origine incontestablement alluvionnale, il s'en soit jamais rencontré de véritablement identiques avec les argiles de l'étage du Gault. Ces dernières varient, il est vrai, d'une couche à l'autre: tantôt elles sont éminemment compactes et plastiques, tantôt fortement micacées, ou bien encore glauconieuses ; mais, précisément, chacune de ces variétés a ses caractères minéralogiques et chimiques spéciaux, qui permettent de la distinguer des alluvions, bien loin d'entraîner à la confondre avec elles. Il existe en France et ailleurs un nombre considérable de briqueteries et de tuileries qui puisent leur matière première dans les dépôts d'alluvions anciens ou récents ; d'autres, non moins nombreuses, exploitent les argiles secondaires ou tertiaires, et notamment celles du terrain crétacé inférieur. Or, pour peu qu'on ait suivi le travail de ces diverses usines, on ne peut manquer d'être frappé des différences que présentent, au point de vue de l'emploi industriel, les deux classes de matières argileuses dont il s'agit. Les produits céramiques confectionnés avec les terres d'alluvions exigent pour leur cuisson une température moins élevée ; tant qu'on ne les a pas chauffés au degré qui produit un commencement de ramollissement, ils sont, relativement, tendres, légers et poreux ; ce qui ne les empêche pas d'être doués d'une résistance remarquable aux effets destructeurs de la gelée. Au contraire, les argiles du Gault ou des gisements analogues donnent des produits très-durs à cuire, compactes, sonores, rebelles à la taille et presque toujours gélifs à un point désespérant. Pour confectionner avec ces argiles des produits de qualité supérieure, on est obligé d'ajouter préalablement d'autres terres, dont on rend le mélange plus intime par une trituration opérée à l'aide d'appareils mécaniques.

Quant aux sables crétacés, ils ont évidemment leurs analogues dans les terrains tertiaires ; mais il serait, je crois, difficile de trouver dans les dépôts d'alluvions des couches présentant la même homogénéité sur une aussi grande étendue. D'un autre côté, le terrain crétacé s'est déposé sur le terrain jurassique, dont les affleurements l'entourent presque de toutes parts, et qui n'a pu lui fournir les éléments de ses immenses couches de sable siliceux. Il faudrait donc, d'après l'ancienne théorie, que ces sables eussent été charriés à la mer du Gault par les fleuves de cette époque. Mais toutes les rivières subissent, dans le volume et dans la vitesse de leurs eaux, d'incessantes variations, par suite desquelles les fleuves déversent à la mer, à de très-courts inter-

valles, tantôt des sables très-fins, tantôt des sables un peu plus gros, tantôt uniquement des limons impalpables ; il n'en peut donc vraisemblablement résulter qu'un sédiment dépourvu de toute homogénéité. Tout le monde connaît d'ailleurs ces fines strates, révélatrices du mode d'accroissement, qui se dessinent sur la section de tout dépôt d'origine fluviatile. Au contraire, dans les grandes formations arénacées, telles qu'en présente le terrain crétacé inférieur, le grain du sable est généralement tellement uniforme dans l'espace que le regard peut embrasser, que l'œil ne saisit aucun indice de stratification ni de charriage.

La plupart des sables crétacés (et la même remarque s'appliquerait aux sables tertiaires) contiennent des paillettes de mica. Comme le quartz et le mica sont les deux éléments les moins destructibles du granite, on en a conclu, tout naturellement, que ces sables devaient être le produit de l'usure des galets granitiques que roulent les rivières torrentielles. Cette manière de voir a paru, d'ailleurs, recevoir une importante confirmation, lorsque M. Daubrée, dans le cours de ses belles et nombreuses expériences, a démontré qu'effectivement l'usure du granite donnait un sable sensiblement identique avec certains sables micacés naturels. Il y a pourtant une objection très-grave, à ce qu'il me semble, à la généralisation de cette théorie : c'est qu'une grande partie des sables renferme, non-seulement du mica, mais aussi de la glauconie, et que cette dernière ne provient certainement pas de l'usure ou de la trituration du granite ; elle ne peut pas d'ailleurs non plus, dans la plupart des cas, provenir des terrains environnants. On ne peut en chercher l'origine que dans les régions profondes, et l'on est forcément conduit à la considérer comme un précipité formé au sein d'une masse d'eau fortement minéralisée. Or, si l'on admet, avec Brongniart, que des sources thermales sous-marines peuvent, dans certaines circonstances, déterminer un précipité de silice sous forme de grains de sable, — si l'on admet, d'autre part, que le dépôt de tous les sables glauconifères a forcément coïncidé avec la période d'activité des sources thermales véhicules de la glauconie, — il ne reste que bien peu de chemin à faire pour arriver à la conviction que les deux substances ont une origine souterraine commune et sont des produits d'un seul et unique phénomène.

Reste la question du mica. Or il résulte de l'ensemble des expériences et des observations de M. Daubrée, que le mica est, de tous les silicates naturels, un de ceux qui se forment le plus facilement par la voie humide ; qu'il a pris naissance, tantôt dans des tubes où diverses substances minérales étaient soumises, avec de l'eau, à de hautes températures, tantôt dans les canaux par lesquels des sources miné-

rales arrivaient au jour. Il n'y a donc, en définitive, rien que de très-vraisemblable dans la supposition que les mêmes eaux qui ont produit un précipité de sable quartzeux et de glauconie, ont donné aussi un précipité de paillettes cristallines de mica; en sorte que la présence de ce dernier, loin d'exclure la possibilité de l'origine chimique d'un sable, constitue au contraire une forte présomption en faveur de cette origine.

Pour ce qui est des argiles, on sait que les orifices volcaniques peuvent donner lieu à des éruptions boueuses considérables. Ce phénomène n'est plus de ceux qu'on peut regarder comme douteux ou exceptionnels ; il a été signalé par des observateurs dignes de foi dans toutes les parties du monde, notamment dans les Andes, aux Antilles, à Java, à la Nouvelle-Zélande, dans les environs de la Mer Caspienne, et il est avéré que les volcans d'Italie eux-mêmes ont donné lieu à un épanchement d'argile boueuse. Tandis que les volcans habituellement ignivomes n'ont que très-rarement des éruptions de ce genre, d'autres au contraire sont essentiellement boueux et ne se signalent qu'exceptionnellement par des manifestations ignées, sans toutefois qu'on puisse établir une séparation bien tranchée entre les uns et les autres.

M. Delesse a rappelé ces circonstances dès 1865, et émis, en outre, l'opinion que les trapps se sont fait jour par les fissures du sol à l'état de boue fluide, et que certains d'entre eux, pauvres en alcalis, au lieu de se consolider complétement, ont pu subsister dans les filons à l'état argileux (1). Notre savant collègue a d'ailleurs poursuivi les conséquences de ces idées dans son bel ouvrage sur la *Lithologie du fond des mers*.

Mais ce que je veux surtout faire ici ressortir, c'est que la venue au jour de l'argile, non-seulement est un phénomène actuel, mais encore peut avoir lieu sans l'accompagnement imposant des phénomènes que l'on qualifie d'éruptifs et de volcaniques. En effet, les salses, infiniment plus modestes que les volcans, donnent naissance à des sources d'eau boueuse susceptibles de produire d'abondants dépôts argileux. Il n'est d'ailleurs pas même besoin de traverser les mers pour être témoin de ce fait, car des salses existent en Italie, au milieu des collines que constituent les argiles grises du terrain subapennin. L'argile délayée qui s'en échappe, identique avec celle du terrain environnant, est aujourd'hui entraînée par les torrents et se rend définitivement à la mer ; mais nul doute que ces salses ne soient les derniers vestiges et les témoignages actuels du phénomène qui a donné lieu au

(1) *Recherches sur l'origine des Roches*, p. 29 et 53.

dépôt des argiles subapennines, lorsque la contrée où elles se trouvent était encore immergée (1).

Dans l'hypothèse de l'origine exclusivement détritique de tous les terrains crétacés inférieurs, l'esprit ne recule-t-il pas effrayé en présence de la prodigieuse usure de roches granitiques qui aurait dû être accomplie pour fournir, rien qu'en sable fin et en résidu impalpable, les matériaux de cette puissante formation qui occupe environ la moitié de la superficie de la France, tandis que les roches granitiques ne forment qu'une portion relativement restreinte de cette même superficie? D'ailleurs, la production des sables fins et des argiles par voie de frottement supposerait celle de quantités proportionnelles de galets et de gros sable, et ces débris grossiers, contemporains des sables verts et des argiles du Gault, ne se voient nulle part. Enfin, lors même qu'on serait parvenu à résoudre ces graves difficultés, il resterait encore à expliquer pourquoi, après qu'une certaine étendue de la mer crétacée n'a reçu, pendant une longue période de temps, que des dépôts exclusivement argileux, ceux-ci se sont trouvés remplacés, sans transition et pendant une période non moins longue, par d'autres dépôts exclusivement sableux, et ainsi de suite à plusieurs reprises différentes. Il faudrait, pour expliquer ces alternances, admettre des cataclysmes ou des bouleversements périodiques, dont chacun aurait profondément modifié le régime extérieur des eaux courantes ; ce qui est d'autant moins justifié, que nous ne rencontrons dans le terrain crétacé inférieur ni dépôts de galets, ni conglomérats, ni aucun autre indice d'une époque de convulsions violentes ou de mouvements tumultueux des eaux (2).

(1) Le professeur Stoppani, qui a parfaitement décrit la salse de Nirano près de Modène (*Corso di Geologia*, t. 1, § 729), a fait remarquer que l'écoulement de la boue est en rapport avec les saisons plus ou moins sèches ou pluvieuses ; d'où il conclut, avec raison, que cette salse, comme les sources ordinaires, est alimentée par les eaux pluviales. Mais ce serait à tort, à mon avis, que l'on voudrait induire de là que l'argile amenée purement et simplement à la surface par ces eaux, est empruntée par elles aux couches d'argiles préexistantes de la formation subapennine. S'il est un fait que la plus simple observation met journellement en évidence, c'est que l'argile à l'état de couche constitutive des terrains sédimentaires est partout en contact avec les nappes souterraines d'eaux d'infiltration, sans être délayée ni entraînée au dehors par les sources ordinaires. Donc, si l'eau des salses, par une exception à la règle générale, se transforme en boue argileuse dans son parcours souterrain, ce ne peut être que parce qu'elle rencontre, chemin faisant, des failles ou des cavités remplies de matière argileuse non encore consolidée et en quelque sorte à l'état naissant.

(2) La formation du Gault et des sables qui en dépendent est très-étendue et très-puissante et a été souvent étudiée. Or une couche peu épaisse de *gravier* à *Opis Hugardiana*, signalée, par M. Hébert je crois, dans l'Yonne, et une strate contenant

Toutes les difficultés qui précèdent se trouvent évitées, et la disposition des terrains qui nous occupent s'explique d'une manière des plus simples, si nous admettons que des sources thermales sous-marines ont déterminé la précipitation de la plus grande partie des matériaux qui les composent. L'accumulation même des sédiments a pu obstruer certains orifices ; des secousses brusques, mais passagères, ont pu déterminer, sur d'autres points, de nouvelles failles qui ont mis l'eau de la mer en communication avec les régions profondes. D'ailleurs, de faibles oscillations du sol, telles qu'il s'en produit de nos jours, ont dû suffire pour ouvrir ou fermer plus ou moins les fissures existantes, pour sceller certains passages en y comprimant la matière argileuse, pour ouvrir de nouvelles communications en écartant des parois. Chacun de ces mouvements a modifié la circulation souterraine, et les eaux, selon qu'elles avaient atteint des régions plus ou moins profondes, revenaient à la mer chargées de divers éléments minéraux, ce qui amenait des modifications correspondantes dans la nature des sédiments.

4° **Argile à silex d'Allogny.** — Le dépôt qui surmonte aujourd'hui les portions de la Craie marneuse respectées par les anciennes dénudations, consiste en un amas confus de silex dont les interstices sont remplis par une argile blanche ou jaunâtre. Cette argile, à cause de ses propriétés réfractaires, est recherchée pour la confection des casettes dans lesquelles on cuit la porcelaine, ce qui a déterminé quelques exploitations, plus particulièrement au-dessus d'Allogny. C'est surtout à cette circonstance que l'on doit de pouvoir observer convenablement ce terrain.

Les silex proviennent de la Craie ; des fossiles silicifiés que renferment quelques-uns d'entre eux permettent même de reconnaître qu'ils ont été empruntés, non-seulement à la partie manquante de la Craie inférieure, mais à divers étages de la formation crayeuse (1).

Ces silex n'ont subi aucune altération ; ils ont conservé leur couleur naturelle, leur texture, leur enveloppe extérieure de silice blanche et poreuse ; ils sont seulement, pour la plupart, plus ou moins brisés, mais leurs cassures sont toutes fraîches, leurs angles complétement vifs, et, lorsqu'ils ont été débarrassés par le lavage de l'en-

quelques graviers, observée par M. Ébray dans la colline de Sancerre, sont peut-être les seuls faits de ce genre qu'on ait pu constater. Ces *quelques graviers* n'indiquent que le voisinage d'un rivage ou d'une embouchure de fleuve.

(1) Parmi les fossiles que j'ai vu ramasser au milieu de ces silex ou que j'y ai rencontrés moi-même, se trouvaient le *Siphonia pyriformis* du Cénomanien, plusieurs espèces d'Échinides et la *Terebratula semiglobosa* commune à la base du Sénonien.

veloppe argileuse qui les souillait, un minéralogiste non prévenu ne les distinguerait pas des silex récemment extraits d'une carrière de la Normandie ou des environs de Paris.

Cet état de conservation tient sans doute à l'imperméabilité de la gangue argileuse, qui les a préservés des influences atmosphériques; mais ce qui est le plus digne de remarque, c'est qu'ils ne présentent aucunes traces sensibles d'usure et n'ont évidemment jamais été roulés par les eaux. Les silex de forme sphéroïdale sont souvent restés entiers; ceux qui figuraient des agrégations de tubercules ont été presque toujours rompus dans les étranglements, où la résistance était moindre. Parmi ceux qui ont au moins la grosseur du poing et qui n'ont pas conservé leur forme naturelle, le plus grand nombre semble avoir été taillé par larges éclats successifs, presque comme si l'on eût cherché à les rapprocher ainsi d'une forme grossièrement sphérique. Il n'en est plus de même pour les morceaux plus petits : là on rencontre en abondance des éclats aigus, et plus on descend aux menus fragments, plus on trouve d'esquilles minces et tranchantes; d'où il me paraît résulter que les petits fragments ne sont autre chose que les éclats fournis par cette espèce de taille naturelle qu'ont subie les silex plus volumineux, éclats qui ont été nettement détachés de ceux-ci, mais jamais broyés entre eux ni réduits à l'état de sable, circonstances qui se seraient produites infailliblement au milieu d'un amas de cailloux roulés confusément par un torrent impétueux.

Quant à l'argile qui sert de gangue aux silex, ce n'est pas précisément une argile plastique; sèche, elle donne une poussière qui, bien que très-fine, est plutôt âpre qu'onctueuse au toucher, et qui avec l'eau forme une pâte médiocrement liante. Je présume que cette matière s'est déposée dans les interstices des cailloux remplis d'eau limoneuse, et qu'elle provient d'une lévigation du terrain dont la destruction a fourni les silex (1).

Si j'ai décrit un peu minutieusement le dépôt qui nous occupe, c'est que les silex, en raison de leur résistance aux agents destructeurs, peuvent être remaniés un grand nombre de fois avant de disparaître définitivement; comme d'ailleurs rien n'est plus commun, dans les terrains de toutes les époques, que les matières argileuses, on conçoit qu'il puisse y avoir, et il y a en effet, une assez grande variété d'argiles à silex. Ces dépôts diffèrent non-seulement par la composition chimique et la coloration de l'argile, ainsi que par l'état plus ou moins altéré des silex, mais encore par l'époque de leur formation, qui peut

(1) Il y aurait à vérifier expérimentalement si le broyage et la lévigation de la Craie tuffau peuvent effectivement fournir un résidu analogue à cette argile.

correspondre à toutes les phases géologiques, depuis l'origine de la période tertiaire jusqu'à l'époque actuelle. Jusqu'à présent l'étude de ces sortes de dépôts a été à peine abordée, et cela se conçoit, car les géologues ayant eu à classer d'abord les grandes masses qui forment, pour ainsi dire, l'ossature du Globe, ont fait pendant longtemps abstraction de ces formations qui ne constituent qu'une sorte d'épiderme. Cependant l'importance de ces terrains superficiels au point de vue de l'histoire de la Terre n'est pas moindre que celle des autres formations; et, tandis que les dépôts stratifiés d'une grande étendue et d'une grande épaisseur ne nous donnent l'idée que de longues périodes d'un calme relatif, l'existence d'un simple limon constituant à peine la couche végétale des champs peut être liée à quelque grand phénomène encore inexpliqué. Pour que tous les problèmes que soulève l'étude des érosions et des terrains de transport puissent être un jour résolus d'une manière satisfaisante, il importe d'abord de bien définir et classer les terrains de ce genre, et il faut reconnaître que sous ce rapport il existe encore dans la science beaucoup de confusion.

En conséquence des idées qui précèdent, je désignerai tout dépôt synchronique de celui que je viens de décrire, et pouvant en être considéré comme le prolongement, sous le nom d'*Argile à silex d'Allogny,* du nom de la localité où je l'ai observé d'abord et où il paraît présenter des caractères typiques. Ces caractères se résument ainsi : non-altération de la substance du silex, absence de toutes traces d'usure ou de roulage par les eaux, superposition immédiate à la Craie dénudée ; enfin, je crois pouvoir ajouter, surface de superposition plane ou très-largement ondulée, sans traces de sillons profonds ni de ces érosions capricieuses et irrégulières qui se trouvent souvent à la surface supérieure d'une formation recouverte par un dépôt de transport (1).

Je crois qu'on peut regarder comme démontré que l'Argile à silex d'Allogny s'étend dans toute la partie méridionale de la Sologne. D'un autre côté, divers observateurs, notamment MM. Laugel et Hébert (2),

(1) Cette dernière particularité résulte pour moi de l'impression générale qui m'est restée d'une observation réitérée de la région ; je ne l'affirme néanmoins qu'avec une certaine réserve. En effet, pour se prononcer avec une certitude absolue, il faudrait avoir eu devant les yeux quelques-unes de ces coupes nettes, récentes, presque verticales, qui montrent à la fois les deux terrains superposés, tandis que je n'ai pas rencontré sous ce rapport toutes les circonstances favorables à l'observation.

(2) Laugel, *Mémoire sur la Géologie du département d'Eure-et-Loir (Bull.,* 2e sér., t. XVII, p. 316) ; — Hébert, *Sur l'argile à silex, les sables marins tertiaires et les calcaires d'eau douce du N.-O. de la France (Bull.,* 2e sér., t. XIX, p. 445) ; *Observations sur les principaux éléments du terrain quaternaire, sur les*

ont signalé des argiles à silex plus ou moins analogues à celle-ci, dans le Maine, l'Anjou, le Perche, le Thimerais et jusqu'en Normandie. Bien que n'ayant jamais vu par moi-même une partie des gisements décrits par ces géologues, et n'ayant vu les autres qu'en passant et à des époques déjà anciennes, où mon attention n'avait pas encore été attirée sur ces formations, il me paraît très-probable qu'une partie de ces argiles à silex, de celles du moins qui sont les plus inférieures et reposent sur la Craie, correspond à celle d'Allogny, et a fait originairement partie d'une même formation étendue, aujourd'hui démantelée par des érosions postérieures.

M. Hébert a donné (1) une coupe fort curieuse, dessinée par lui d'après nature, qui montre l'Argile à silex pénétrant d'une façon tout à fait singulière dans les poches de la Craie, tandis que des sables supérieurs recouvrent partiellement cette argile elle-même, en la pénétrant à son tour en certains endroits. Je reproduis approximativement cette coupe intéressante dans la figure 3 de la planche IV. Voici à peu près la seule explication que je puisse trouver des dispositions, d'ailleurs assez fréquentes, analogues à celle-là.

Soit A, B, C (Pl. IV, fig. 4), trois formations superposées : par exemple, la Craie, l'Argile à silex et une couche de sable. Supposons une nappe d'eau qui se dirige dans le sens de la flèche, avec une assez grande vitesse. Supposons enfin qu'une première ablation ait eu lieu sur la droite de la figure, soit par l'effet d'un phénomène antérieur, soit par suite d'un affouillement dû à des mouvements tumultueux du courant actuel ; circonstances que peuvent parfaitement déterminer, sur certains points, la configuration du sol, l'inégal degré de résistance des roches ou la présence de quelques obstacles. Alors les choses affecteront la disposition indiquée dans la figure : un rapide se trouvera établi de M en N, et il se produira au pied de ce rapide des remous violents, qui donneront lieu à des affouillements profonds et irréguliers, tandis que les matériaux provenant des déblais seront emportés par l'eau et que les plus lourds d'entre eux iront se déposer à une petite distance en aval, où ils commenceront la formation d'une barre. Toutes ces particularités peuvent d'ailleurs être facilement constatées en observant ce qui se passe dans une rivière où se trouve un ressaut ou un barrage peu élevé. Mais, dans le cas qui nous occupe, il n'y a pas, en réalité, de ressaut ni de barrage fixe, mais bien une pente raide, formée par des matériaux peu agrégés et, de plus, détrempés par l'eau. Ces matériaux seront donc successivement détachés, en-

théories proposées pour en expliquer la formation, et sur l'âge de l'argile à silex (*Bull.*, 2e sér., t. XXI, p. 58).

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XIX, p. 453.

traînés, roulés, soit par petites parcelles, soit par masses ébouleuses d'un volume plus ou moins considérable. Le plan incliné ira donc en reculant, tandis que les masses éboulées ou roulées iront se déposer, au-dessous du point O de la figure, par exemple, dans les anfractuosités de la couche ravinée qui formeront comme autant d'arrêts. Si la distance M N est assez longue, les matériaux provenant de l'affleurement de la couche la plus profonde, B, seront en avance sur ceux qui se détacheront au même instant de la couche superposée, C; par conséquent les matériaux de B seront, le plus souvent, précipités les premiers au fond des cavités et recouverts ensuite par ceux de C. Il en résulte que, malgré le désordre apparent du terrain remanié par le courant, les matériaux des couches s'y retrouveront disposés, en général, suivant leur ordre primitif de superposition (1).

Je suis porté à croire, d'après ce qui précède, que les lambeaux d'argile à silex qui présentent les contournements signalés par M. Hébert, peuvent bien représenter l'Argile à silex d'Allogny, qui aurait autrefois recouvert la région, mais que, dans tous les cas, ces dépôts ne sont plus aujourd'hui dans leur état primitif et ont subi un remaniement qui les a bouleversés, sans toutefois les avoir complétement déplacés. Un tel remaniement, opéré sur des espaces considérables, nous indique l'existence, à une certaine époque, d'un courant très-étendu, dont on pourrait peut-être déterminer la direction en comparant les positions des parties intactes du dépôt, s'il y en a, avec celles des dépôts remaniés.

Brèches à silex de Louviers. — J'ai remarqué, au-dessous de la surface supérieure du plateau qui domine les vallées de la Seine et de l'Eure vers le confluent de ces deux rivières et que couvrent en partie les forêts de Pont-de-l'Arche et de Louviers, une formation qui présente une grande analogie avec celle des silex à ciment argileux d'Allogny. Les pentes des coteaux sont formées par la Craie blanche, dont toutefois les assises les plus récentes font défaut, sans doute parce qu'elles ont été détruites à une époque ancienne. Sur la portion restante de la Craie s'étend une couche, d'environ 1 mètre d'épaisseur,

(1) Une particularité assez curieuse de la coupe dessinée par M. Hébert consiste dans les bandes horizontales de silex que l'on voit au-dessus de la lettre M, et qui continuent dans l'argile le lit régulier qu'elles forment dans la craie. Voici comment on peut expliquer cette circonstance. Le lit de silex n'était pas assez continu pour que l'eau ne pût passer au travers, comme à travers un crible à très-larges mailles, en sorte que l'affouillement s'est prolongé de haut en bas entre les silex et même à une petite distance au-dessous. Les silex, néanmoins, adhéraient probablement entre eux par quelques points, et l'excavation n'ayant pas acquis de plus grandes dimensions, ils ont pu se maintenir momentanément en place, jusqu'à ce qu'une boue argileuse soit venue remplir le vide et les sceller de nouveau.

composée de silex généralement brisés, mais non altérés, à arêtes parfaitement vives, avec menus débris anguleux dans les interstices des silex plus gros; le tout solidement réuni par un ciment qui paraît une craie reconsolidée. C'est sur cette brèche que reposent les sables argilo-ferrugineux, à gros grains de quartz d'apparence granitique, qui recouvrent le plateau supérieur et dans lesquels sont ouvertes les sablières de Lubin. Un limon d'un brun foncé et de peu d'épaisseur recouvre d'ailleurs, dans quelques endroits, le dépôt sableux et forme la terre végétale.

Cette formation à silex anguleux peut être observée à l'ouest de Louviers, vers le haut de la montée de la route qui va de cette ville à La Haye-Malherbe. On en voit aussi quelques lambeaux sur la rive droite de l'Eure, vers le haut du coteau que gravit la route de Louviers à Heudebouville; mais, de ce côté de la vallée, la surface supérieure de la Craie paraît ravinée et bouleversée, et, si on s'avance vers l'est, on ne trouve plus au sommet du plateau qu'une formation argileuse, ressemblant à l'*Argile plastique* et contenant certains bancs qui ne paraissent pas continus et sont activement recherchés comme terre à foulon.

On m'a assuré que sur le plateau boisé de la rive gauche de l'Eure, dont j'ai parlé en premier lieu, la brèche à silex avait été rencontrée en des points très-divers au fond de sablières ou d'autres excavations. Il paraît même que des antiquaires ont cru reconnaître un béton romain dans le banc mis ainsi à découvert; la question aurait donné lieu, paraît-il, à quelques discussions et serait encore douteuse aux yeux de plusieurs personnes. La méprise, au surplus, est des plus excusables; car ce dépôt ressemble autant que possible à un lit de béton qui aurait été confectionné avec des silex tirés des carrières voisines et grossièrement concassés.

Ce dépôt, sauf la différence de la nature du ciment, est identique, dans ses caractères et dans sa position stratigraphique, avec l'Argile à silex d'Allogny; je suis disposé à le considérer comme faisant réellement partie de la même formation. Il serait intéressant de suivre cette brèche en remontant le cours de l'Eure et de chercher ses relations avec les dépôts de silex du Perche. J'ai toujours eu l'idée, ainsi que je l'ai déjà dit, que la matière argileuse qui empâte les silex d'Allogny était un des produits d'une lévigation de certains bancs de craie argileuse préalablement broyés par quelque agent naturel. Or, près de Louviers, il ne manque à la formation crayeuse que les assises supérieures correspondant à la Craie de Meudon et composées de la plus pure craie blanche; le broyage d'une telle craie dans un courant n'aurait pu donner qu'un limon calcaire. L'anomalie apparente que

présente la nature du ciment dans la brèche à silex viendrait donc à l'appui de mon hypothèse et de l'identification géologique des deux dépôts.

Age de l'Argile à silex d'Allogny. — L'Argile à silex d'Allogny nous montre, reposant sur la portion conservée de la Craie, une partie des matériaux qui ont appartenu aux assises supérieures détruites par un phénomène inconnu. Il n'y a donc place pour aucune autre formation entre la Craie et l'Argile à silex. On ne peut pas même objecter que les silex aient pu, lors de la dénudation de la Craie, être transportés sur d'autres points, et qu'ils auraient été ramenés, à une époque subséquente, à la place où nous les trouvons maintenant; ce qui aurait pu permettre à une formation intermédiaire de se déposer, puis de disparaître, pendant cet intervalle; l'état des silex est incompatible avec l'hypothèse de ces transports réitérés. L'Argile à silex d'Allogny est donc contemporaine de la grande dénudation qui a fait disparaître des épaisseurs plus ou moins considérables de craie dans toute la région sud et sud-ouest du bassin de Paris. S'il existait d'autres terrains tertiaires plus anciens, ce ne pourrait donc être que dans d'autres parties du bassin, où les choses se seraient passées différemment. Mais, comme je démontrerai, un peu plus loin, que l'Argile à silex d'Allogny est très-vraisemblablement antérieure aux *Poudingues de Nemours,* et comme il est d'ailleurs admis qu'il n'y a dans les parties centrale et septentrionale du bassin aucune couche tertiaire antérieure à ces poudingues, je puis conclure que l'Argile à silex d'Allogny est le plus ancien dépôt tertiaire existant dans le bassin de Paris.

Considérations générales sur les phénomènes de dénudation. — Avant de rechercher ce qui a pu donner lieu au dépôt des silex d'Allogny, je demande la permission de présenter quelques considérations, d'un ordre plus général, relativement aux conditions géologiques dans lesquelles s'est effectué ce dépôt.

Tout le monde connaît la coupe, pour ainsi dire classique, des terrains primaires du bassin de Mons, coupe dont la figure 5 (Pl. IV) reproduit grossièrement la physionomie générale. Sur les terrains silurien, dévonien, carbonifère et houiller, dont les couches sont remarquablement froissées et plissées en zig-zag, par l'effet d'une compression latérale, s'étendent, presque horizontalement, les couches, A, B, du terrain crétacé. Or, ce dernier n'a pu se déposer ainsi sur les tranches des couches plus anciennes, immédiatement après le froissement de ces dernières; le profil, à ce moment, devait en effet avoir quelque analogie avec celui du massif montagneux que j'ai figuré en lignes ponctuées; et il a fallu qu'un agent mécanique quelconque soit venu niveler le terrain, le raboter en quelque sorte, en enlevant tout

ce qui dépassait la surface qui devait devenir plus tard la base du terrain crétacé.

Pour expliquer une ablation on est toujours porté à invoquer d'abord l'action érosive des eaux. Mais je ferai remarquer que l'eau, ayant la propriété de se rassembler toujours dans les parties les plus basses, y acquiert son maximum de masse et de vitesse, en sorte qu'elle creuse de préférence les thalwegs, sans abaisser notablement les sommets, surtout quand ils sont constitués par des roches solides; elle accentue donc les reliefs du sol bien plutôt qu'elle ne les efface. Les pluies ont façonné, déchiqueté les aiguilles hardies qui couronnent les cîmes des Alpes; les torrents ont creusé les ravins qui déchirent les flancs des montagnes; les fleuves ont tracé leur lit dans le fond des vallées et parfois donné lieu à des *cluses* profondes, comme à la Perte du Rhône. Mais nulle part nous ne voyons l'eau faire une plaine d'un terrain accidenté, et la mer elle-même a respecté les montagnes presque submergées dont les sommets forment les îles. Peut-être un cours d'eau tellement considérable que les collines ne seraient auprès de lui que de simples taupinières, pourrait-il les balayer tout entières ; mais, dans tous les cas, une telle hypothèse nous transporte dans un ordre de faits tels qu'aucun phénomène observable ne peut nous en donner une juste idée.

Le nivellement d'une vaste région par voie d'ablation paraît s'être produit plusieurs fois depuis l'origine des temps géologiques; c'est donc un phénomène digne de notre attention, mais qui me semble être resté jusqu'ici sans explication bien satisfaisante. Cette explication, je n'ai nullement la prétention de la donner; il se peut même qu'aucune théorie unique ne soit applicable à tous les faits du même genre qui se sont produits à différentes époques.

Si j'ai fait la digression qui précède, c'est pour en venir à ceci : entre l'époque des derniers dépôts crétacés et celle des premiers dépôts tertiaires, il s'est passé un grand phénomène de dénudation, dont l'Argile à silex est la trace, et qui, sans être aussi caractéristique que celui que j'ai cité ci-dessus pour faire comprendre ma pensée, paraît avoir avec lui une certaine analogie au point de vue des effets produits. La dénudation a été considérable, puisque de toute la formation crayeuse il n'est resté, dans plusieurs régions étendues, que quelques couches inférieures; et ce qui prouve bien que les étages supérieurs avaient existé et ont été détruits, c'est l'importance des dépôts de silex résidus de cette destruction, qui atteignent en certains endroits 30 et 40 mètres d'épaisseur. Or, il semble qu'un courant doué de la puissance de produire une telle destruction aurait dû acquérir son maximum de force vive au fond des plis inférieurs que pouvait pré-

senter à cette époque le terrain crétacé, et convertir ces plis en profondes vallées, comparables pour le moins à celles qui ont raviné la Craie à des époques subséquentes et dans le fond desquelles des rivières telles que la Seine et le Cher ont creusé leur lit actuel (1). Mais il n'en est rien ; et si l'érosion de la Craie n'a pas produit une surface absolument plane, elle paraît du moins n'avoir laissé subsister que de très-larges ondulations, comparables, sinon identiques, à celles qu'avait produites antérieurement une légère compression horizontale du sol dans le bassin parisien. On peut même conjecturer que l'érosion a plus particulièrement exercé son action sur les points les plus proéminents; car, si l'on ajoutait à la Craie, à Humbligny par exemple, et dans bien d'autres endroits, toutes les couches supérieures qui manquent, on arriverait à des altitudes qui ne permettent guère de supposer avec quelque vraisemblance que ces points fussent précisément des bas-fonds au commencement de l'époque tertiaire.

Maintenant, quel est l'agent qui a pu détruire les parties tendres de la Craie et en déposer les silex dans l'état où nous les voyons à Allogny? Tel est le grand problème géogénique que je veux essayer ici, sinon de résoudre, du moins de discuter.

Origine de l'Argile à silex d'Allogny. — La première hypothèse qui se présente à l'esprit est celle des courants. Mais elle est incompatible avec l'absence de toute usure sensible des silex, et l'on ne comprendrait pas qu'un courant qui aurait eu le pouvoir de faire disparaître une masse crayeuse d'au moins 100 mètres d'épaisseur sur 20 à 30 milliers de kilomètres carrés, ait été incapable de rouler des cailloux dont une grande partie n'a pas la grosseur du poing. Quant à l'action destructive des vagues de la mer, elle n'est pas plus admissible.

Une seconde hypothèse est celle d'une eau minérale qui aurait dissous le calcaire, en laissant seulement subsister les silex. A cet égard, je ferai remarquer, d'abord, que l'absence de toute altération des silex me paraît exclusive d'un séjour de ceux-ci dans une eau fortement minéralisée. Rien que par une exposition suffisante aux agents atmosphériques, les silex se modifient profondément dans leur aspect, dans leur couleur, dans leur état d'hydratation. La plupart des silex remaniés, ayant été, sans doute, en contact avec des eaux ferrugineuses, ont pris les diverses teintes, rouges ou brunes, qui caractérisent l'oxyde de fer dans ses divers états. D'un autre côté, les eaux minérales ont déposé sur leur passage quelques minéraux révélateurs de leur

(1) Je démontrerai un peu plus loin, dans le paragraphe relatif aux relations du terrain lacustre avec l'Argile à silex, que la grande plaine qui comprend les vallées de l'Arnon, du Cher et de l'Yèvre, est le résultat d'une érosion postérieure aux Argiles à silex d'Allogny.

présence : pyrite, gypse, chaux carbonatée lamellaire, chaux phosphatée, silice, etc. Ici, au contraire, pas le moindre indice de minéralisation ni de réactions chimiques quelconques, et les silex que l'on extrait de leur gangue argileuse sont identiques avec ceux qu'on pourrait extraire d'une colline crayeuse intacte.

Ces circonstances rendent bien peu probable l'intervention d'une eau thermale ou minérale d'une composition tant soit peu complexe, et ne permettent guère de supposer qu'une eau simplement acide. Mais, en admettant cette eau acide, je comprendrais qu'elle eût creusé dans le calcaire de profonds sillons ou de vastes poches; ainsi on doit peut-être expliquer par l'action érosive d'une telle eau ces entailles irrégulières, à fond anguleux, qui semblent des élargissements des fissures antérieures de la roche, qui sont aujourd'hui remplies d'une argile rouge avec silex altérés et grains de quartz, et dont les coupes naturelles donnent un aspect si original à certains escarpements crayeux de la Normandie (1). Mais il n'y a aucune espèce de rapport entre ces dispositions et celles de l'Argile à silex d'Allogny, qui, avant les grandes érosions des périodes tertiaire et quaternaire, devait s'étendre en une couche puissante sur d'immenses étendues. Ce n'est pas une source, un ruisseau, une rivière, mais une mer d'eau acide, qu'il faudrait invoquer pour expliquer la première grande érosion de la Craie; et l'hypothèse, en elle-même, est déjà assez hardie. De plus, cette mer acide, si elle eût existé, aurait baigné la Craie blanche, la craie la plus calcaire, celle qui aurait dû être la plus soluble et qui est restée pourtant inattaquée dans toute la partie centrale et déprimée du bassin, tandis que dans la zone périmétrique du Sud-Ouest, qui devait former un léger bourrelet saillant dû à un relèvement graduel des couches jurassiques pendant la période crétacée, la Craie marneuse elle-même a en grande partie disparu.

Il me paraît évident que c'est parmi les agents mécaniques, et non parmi les agents chimiques, qu'il faut chercher l'explication des faits dont il s'agit. Je n'ajouterai plus qu'une seule remarque : c'est que, dans le cas où l'identité d'origine que je présume exister entre les brèches à ciment calcaire de Louviers et les silex à gangue argileuse d'Allogny, serait définitivement confirmée, toute hypothèse d'érosion par les eaux acides serait, par cela seul, réduite à néant.

Après la force mécanique de l'eau et la dissolution chimique, je n'entrevois plus qu'une troisième hypothèse, celle de l'action glaciaire. Lorsqu'étant descendu dans les excavations d'où l'on extrait l'argile à silex d'Allogny, j'ai examiné avec attention cet amas confus de cailloux

(1) Voir la figure 6 de la planche IV.

anguleux, qui ne me rappelait ni les sédiments, ni les matériaux qu'on voit dans le lit des torrents, ni les diluviums d'aucune époque, je me suis demandé si je n'avais pas devant les yeux une de ces *moraines profondes* que forment, entre la glace et la roche sous-jacente, les débris de tous les matériaux broyés par les glaciers, et si cette matière argileuse qui enveloppe les cailloux ne serait pas une boue glaciaire. Cette idée m'a paru, depuis, susceptible d'être développée de la manière suivante.

Concevons un immense glacier qui aurait recouvert le terrain crétacé; l'action combinée de son poids, de son mouvement de progression et des eaux qui circulaient au-dessous de lui, ont dû nécessairement opérer le broyage graduel d'une roche aussi tendre et aussi facile à réduire en bouillie que la craie. Presque toutes les parties les plus ténues provenant de ce broyage auront été enlevées, à mesure de leur formation, par les torrents sortant du glacier. Beaucoup de silex se seront trouvés enchassés dans la masse de glace, à mesure que les lits crayeux qui les contenaient auront été atteints par celle-ci, et ils auront formé de dures aspérités à la surface inférieure de cette immense meule, dont la puissance se sera ainsi trouvée considérablement accrue. Mais, si les silex résistent assez bien au frottement, ils sont, par contre, assez fragiles; ils auront cédé fréquemment à la pression de la glace et se seront ébréchés et raccourcis. Ils n'étaient pas d'ailleurs si fortement scellés dans la glace qu'ils ne pussent quelquefois tourner un peu sur eux-mêmes; ils doivent donc avoir perdu, par des enlèvements d'éclats successifs, leurs parties les plus proéminentes, et avoir été réduits finalement à ces formes ramassées qui caractérisent un grand nombre des silex d'Allogny. D'autre part, nous devons retrouver, et nous retrouvons en effet, parmi les silex les moins gros, une partie des éclats tranchants détachés des plus gros cailloux, ainsi que les débris anguleux de ceux de ces éclats qui ont été réduits, à leur tour, en plus petits fragments.

Il n'y a, à la surface des silex d'Allogny, aucunes stries glaciaires bien caractérisées. Mais, dans le cas particulier dont il s'agit, on conçoit que ces stries n'aient pas dû se produire. Toutes les circonstances, en effet, étaient défavorables au striage : homogénéité et dureté égales de part et d'autre dans tous les cailloux qui pouvaient se trouver en contact ; disposition des pointes de silex à s'égrainer immédiatement sous la pression ; surfaces souvent rugueuses, cavités, nodosités, qui mettaient obstacle au glissement. Je ferai remarquer, d'ailleurs, que la craie n'est pas assez solide pour avoir constitué une surface inclinée sur laquelle le glacier ait pu se mouvoir en donnant lieu à de simples frottements. Chacun des cailloux saillants entraînés par la glace

a dû, au contraire, labourer la craie à la manière d'un soc de charrue, et c'est en venant buter contre lui, qu'il aura, en général, attaqué un autre silex qui se trouvait sur son chemin ; rencontre qui n'a dû avoir pour conséquence que l'arrachement ou la rupture de l'un ou de l'autre.

Malgré la dureté relative du silex, on conçoit que le frottement très-prolongé de la craie, même détrempée, ait pu finir par altérer légèrement sa surface. Eh bien ! cette prévision paraît se trouver, jusqu'à un certain point, réalisée. Quelle que soit la fraîcheur apparente des cassures dans les silex d'Allogny, leur état n'est pas, ce me semble, absolument exclusif d'un frottement que leur aurait fait subir une matière peu dure et légèrement ductile, comme la craie humectée. Si l'on examine avec attention quelques-uns de ces cailloux, en se plaçant au fond d'une chambre éclairée par une seule fenêtre, de manière à recevoir le moins possible de lumière diffuse, si alors on fait miroiter successivement les diverses surfaces, on reconnaît qu'elles n'ont pas toutes le même éclat, et je ne puis mieux donner l'idée des nuances que j'ai cru apercevoir dans leur aspect, qu'en les comparant à plusieurs limes très-fines, dont l'une sortirait des mains du fabricant, et dont les autres, ayant un peu servi, auraient les extrémités de leurs dents émoussées par des facettes presque microscopiques et plus ou moins perceptibles. D'ailleurs les faces des silex que leur position désigne comme ayant été produites par les derniers éclats sont celles dont la cassure est la plus mate.

En définitive, l'hypothèse glaciaire me paraît, bien mieux que les autres, rendre compte de toutes les particularités physiques que présentent les dépôts d'argile à silex d'Allogny. Mais l'esprit hésite, j'en conviens, devant l'étrangeté de l'hypothèse elle-même. Le bassin de Paris est dépourvu de montagnes, aussi bien que la région qui l'entoure, et l'on ne sait vraiment où placer l'origine de l'immense glacier supposé. Ce glacier aurait dû marcher du nord au sud, ou du nord-est au sud-ouest, puisque c'est surtout sur les confins sud et sud-ouest du bassin crayeux que les silex se trouvent rassemblés. Les glaces qui couvrent les environs du pôle arctique auraient-elles donc, avant l'apparition de la période tertiaire, étendu leur manteau jusque vers le 47e degré de latitude ? ?

5° **Sables à silex de la Sologne**. — Au-dessus de l'Argile à silex, et reposant immédiatement sur elle, on trouve, sur tous les plateaux du Sud de la Sologne, un autre dépôt, le Sable à silex, qui s'en sépare d'une manière tranchée. La surface séparatrice, très-nette, paraît peu régulière et ravinée. Les silex, qui sont parfois en grande abondance dans ce dépôt, sont tous plus ou moins altérés ; ils se

distinguent, par conséquent, à première vue, de ceux de l'Argile à silex. Quelques-uns ont blanchi, en perdant une partie de leur eau de constitution ; les autres sont devenus d'un jaune de rouille, par suite du passage du fer à l'état de peroxyde hydraté. La plupart ont encore des formes anguleuses, mais les surfaces sont corrodées ou usées ; les arêtes ne sont jamais bien vives ; elles sont fréquemment tout à fait arrondies. Ces cailloux, irrégulièrement mélangés dans un sable siliceux d'une masse plus considérable que la leur, ont été roulés avec ce sable, évidemment par un courant torrentiel, dont l'effet toutefois n'a pas été assez prolongé pour les amener à l'état de galets.

Ces silex provenaient originairement de la Craie, ainsi que le prouvent des traces de fossiles ; ils n'ont pu être arrachés par l'eau qu'à la formation sous-jacente de l'Argile à silex. Ici l'argile a disparu, sans doute délayée dans l'eau et emportée par le courant. Mais d'où vient le sable lui-même ? Telle est la difficile question à résoudre.

La faible usure des silex, qui évidemment n'ont pas été transportés à une fort grande distance de leur position primitive, exclut l'idée que le sable puisse être, en totalité, le produit de cette usure. La première idée qui se présente est qu'entre l'époque du dépôt de l'Argile à silex et celle du phénomène géologique qui a mélangé le sable et les silex, il s'est formé une couche de sable tertiaire. Un courant diluvien, dont la direction et la cause nous sont inconnues, aurait alors irrégulièrement affouillé la surface du sol, mélangé plus ou moins les cailloux et le sable, et, vraisemblablement, emporté au loin une partie de ce dernier.

On pourrait encore supposer que des sables correspondant à ceux du Perche et intercalés entre la Craie glauconieuse et la Craie marneuse à *Inoceramus labiatus,* auraient été mis quelque part presque à découvert, sans être toutefois enlevés, par le phénomène d'érosion qui a accompagné le dépôt de l'Argile à silex. Le courant diluvien qui serait venu ensuite aurait trouvé dans ces sables un des éléments de la formation qui nous occupe. Cette hypothèse se trouverait d'accord avec la circonstance qu'au sud du Perche, où ces sables existent et sont demeurés en place, le Sable à silex n'a pas été signalé.

Enfin, on pourrait se demander si le courant qui a partiellement dénudé l'Argile à silex n'aurait pu porter avec lui et déposer, parmi les cailloux arrachés à la formation sous-jacente, du sable dont l'origine, peut-être très-lointaine, serait en tout cas complétement étrangère au bassin de Paris.

En définitive, de nouvelles études me paraissent nécessaires pour décider quelle est l'origine du sable dans la formation dont il s'agit, et si un temps plus ou moins long s'est écoulé entre le dépôt de l'Argile à silex et celui du Sable à silex.

6° **Terrain superficiel** *et* **Poudingue tertiaire.** — J'ai dit qu'une couche superficielle particulière couvrait les plateaux de la région sud-est de la Sologne et enveloppait, de toutes parts, les collines de cette région. Cette couche a sensiblement la même composition lithologique que la formation du Sable à silex, et elle a dû être très-souvent confondue avec elle. Il suffit néanmoins d'observer avec soin une coupe encore fraîche et montrant les deux terrains superposés, pour distinguer leur limite séparative. Sur les coteaux, la couche superficielle recouvre et dérobe le plus souvent à la vue les tranches de l'Argile à silex ou des couches crétacées ; dans ce dernier cas elle se trouve parfois mélangée avec une certaine quantité des matériaux dont ces couches se composent. Ce dépôt superficiel n'est donc, en définitive, que celui qu'ont laissé, en se retirant, les eaux torrentielles qui ont creusé pour la dernière fois, et bien postérieurement au dépôt de l'Argile à silex et du Sable à silex, les profondes vallées qui sillonnent aujourd'hui la contrée.

Poudingues siliceux. — La couche irrégulière dont il vient d'être question offre par elle-même peu d'intérêt. Ce qui en présente davantage, ce sont des blocs, parfois volumineux, de poudingue siliceux qui gisent çà et là, tantôt reposant à la surface du terrain superficiel, tantôt à demi enfouis dans ce même terrain. Ces poudingues ont pour noyaux des silex imparfaitement arrondis, colorés par l'oxyde de fer en rose, en jaune d'ocre ou en rouge sanguin ; leur ciment est un grès siliceux, lustré et très-dur (1).

Les blocs de poudingue, que j'ai désignés par la lettre P sur la coupe idéale (Pl. IV, fig. 2), se rencontrent depuis le sommet des collines jusqu'au fond des vallées ; ils reposent même quelquefois sur les terrains jurassiques ou lacustres ; j'en connais un dans ce dernier cas, dont le volume est de plusieurs mètres cubes et qui a été considéré, mais à tort, comme une pierre druidique transportée là par l'industrie humaine. Ces blocs, dont la forme générale est celle de fragments

(1) Il faut bien se garder de confondre les poudingues à ciment siliceux dont il s'agit, avec d'autres poudingues à ciment brun, argilo-ferrugineux, contenant des traces de matière organique, qui sont connus en Sologne sous les dénominations de *tuf* ou de *chamerons*. Ces derniers se trouvent souvent en abondance à de faibles profondeurs au-dessous du sol, dans le Sable à silex proprement dit, ou dans la couche superficielle de remaniement. Ces agrégations sont le résultat de l'infiltration des eaux pluviales qui, après s'être chargées, en traversant la terre végétale, de diverses substances organiques et minérales, déposent plus bas ces mêmes matières, sous forme de concrétions, dans les interstices du sable et des cailloux. C'est là une production tout-à-fait récente et qui, je crois, se continue encore journellement. Les poudingues à ciment siliceux, que l'aspect et les caractères minéralogiques permettent d'ailleurs de distinguer au premier coup d'œil, datent, au contraire, de l'époque éocène.

irréguliers, sont d'ailleurs considérablement usés sur toutes leurs surfaces, et leurs parties saillantes, ainsi que leurs arêtes, sont très-largement arrondies. Il me paraît évident que, n'ayant pu être entraînés par les courants aussi loin que les sables et les silex de grosseur ordinaire, ils ont éprouvé, de la part de ces derniers, des frottements multipliés.

Le déplacement de blocs aussi volumineux, bien qu'il ait coïncidé avec les cataclysmes qui ont creusé de grandes vallées, celle par exemple que sillonnent à la fois l'Yèvre et le Cher et qui a, par endroits, plus de 20 kilomètres de large, aurait lieu de surprendre si les blocs avaient été littéralement transportés par l'eau. Mais on peut supposer que le plus souvent celle-ci n'a fait que ronger les coteaux, d'ailleurs peu agrégés, et que les blocs, par suite de l'ablation de leurs supports, sont tombés au-dessous du point où ils étaient primitivement. Il a pu se produire aussi de vastes éboulements, et quelques blocs auront roulé jusqu'à une distance notable de leur point de départ.

Dans quelques localités les blocs de poudingue paraissent former des bancs sur le sommet des collines et au-dessus des Sables à silex. Tout porte à croire que c'est bien là leur gisement primitif. Toutefois, comme les terrains ébouleux recouvrent en partie les poudingues, comme les parties visibles présentent des traces d'altérations et de dislocations, je n'oserais affirmer avoir vu les bancs *en place*.

Les poudingues siliceux ne peuvent pas provenir directement de l'Argile à silex. La forme plus arrondie des noyaux, l'absence d'argile dans le ciment, la présence de grains de sable au milieu de ce dernier, en sont des preuves certaines. Ils pourraient au contraire n'être qu'une agglutination des Sables à silex. Je suis toutefois porté à croire qu'ils appartiennent à une couche supérieure spéciale et ayant subi un second remaniement; il reste encore là quelque chose à étudier. Quoi qu'il en soit, on ne peut douter qu'à une certaine époque des eaux minérales chargées de silice ne soient venues consolider le mélange des silex et du sable dans toute l'étendue soumise à leur action.

Les poudingues siliceux ont dû recouvrir une grande étendue superficielle. M. Ch. Martins les a reconnus en Bourgogne, reposant autour d'Avallon sur le Lias, à Chatel-Censoir et à Clamecy sur le Corallien (1). On les rencontre presque partout sur la lisière méridionale de la Sologne. M. Hébert les a vus, toujours avec le même faciès, dans la Touraine et l'Anjou (2). M. Ch. Martins a encore signalé leur présence entre Chartres et Chateaudun (3). Cette extension géographique montre bien

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. VIII, p. 481.
(2) *Bull.*, 2e sér., t. XIX, p. 456 et s.
(3) *Loc. cit.*

qu'il ne s'agit pas d'un accident local, mais d'une formation qui a une véritable importance géologique.

Les poudingues siliceux se sont-ils déposés au fond d'une mer ou d'un lac, sous la forme d'une couche presque continue qui aurait été brisée lorsque des phénomènes postérieurs ont emporté les matériaux meubles qui la supportaient? Ou bien n'y a-t-il jamais eu qu'une suite de bancs isolés, dont chacun n'avait qu'une très-petite étendue? Ont-ils pris naissance près de sources qui surgissaient pendant une époque d'émersion? Ce sont là des questions que, pour le moment, je ne suis pas en état de résoudre.

Age des poudingues siliceux. — Dans tous les cas, les poudingues siliceux sont caractéristiques d'une époque géologique spéciale; j'ai déjà dit qu'ils étaient postérieurs à l'Argile à silex. En admettant que les matériaux qui les composent soient ceux des Sables à silex, ils viendraient, dans l'ordre chronologique, immédiatement après cette dernière formation. En effet, les Sables à silex ont été déposés dans un courant plus ou moins tumultueux, et ce ne peut être que pendant l'époque de repos qui a suivi, que sont apparues les sources geysériennes à l'influence desquelles est due, sans aucun doute, la soudure des silex. On pourrait concevoir, à la rigueur, que les poudingues siliceux fussent encore plus récents, mais ils ne peuvent pas être plus anciens que je ne viens de le dire. MM. Dujardin (1) et Hébert (2) les ont assimilés aux poudingues plus anciennement connus des environs de Nemours. Rien ne me paraît plus plausible que cette assimilation; mais on voit que les *Poudingues de Nemours,* qui avaient été longtemps considérés comme la première formation tertiaire, se trouvent, par là, notablement rajeunis.

6° **Terrain lacustre de Mehun-sur-Yèvre.** — La coupe représentée à la figure 7 de la planche IV est prise suivant la ligne C D de la carte (fig. 1). Cette ligne passe par l'emplacement de l'ancien moulin à vent d'Allogny, point trigonométrique de la Carte de France. Les collines à droite de la figure reproduisent, sur une plus petite échelle, les dispositions de la figure 2; elles sont formées par le terrain crétacé, que surmontent les couches tertiaires à silex. Au pied de ces collines s'étend une formation lacustre, reposant elle-même sur le terrain jurassique. Des exploitations de minerais de fer, près du château des Fontaines, ont donné lieu à des travaux qui ont parfaitement mis en évidence les couches jurassiques, qui ne sont en ce point qu'à quelques mètres au-dessous du sol.

(1) *Mémoire sur les couches du sol en Touraine* (*Mém. Soc. géol.*, 1re sér., t. II, n° IX), p. 84.

(2) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XIX, p. 458.